

Общие требования к устройствам ослабления фазовых преобразований. В нелинейных широкополосных транзисторных усилителях мощности (ШТУМ) полезные сигналы претерпевают амплитудно-частотные и амплитудно-фазовые преобразования, называемые амплитудно-фазовой конверсией (АФК).

Известны следующие методы ослабления АФК:

- введение корректирующей цепи в состав системы автоматического управления фазой;
- управление режимом работы активных элементов по постоянному току;
- изменение времени запаздывания сигналов в ШТУМ;
- использование устройств компенсации.

Любое воздействие, оказываемое на реальное устройство с целью ослабления интенсивности побочного эффекта, неизбежно приводит к более или менее заметному изменению и полезного эффекта, что нежелательно. Для достижения минимизации АФК необходимо сохранить эффективность воздействия на АФК во всем интервале изменения мощности входного сигнала в пределах полосы пропускания.

Уменьшение фазовых набегов путем автоматического управления фазой. В результате исследования установлено, что влияние АФК на показатели тракта ослабляется при включении узла, в котором возникает АФК, в состав систем автоматического регулирования. Рассмотрены системы автоматической подстройки фазы (АПФ) и автоматического выравнивания фазы (АВФ), способствующие уменьшению паразитных фазовых набегов.

Для компенсации АФК и стабилизации фазы выходного сигнала ШТУМ относительно фазы входного воздействия в системах связи с АПФ используется фазовый модулятор (ФМ), который управляется сигналом фазового детектора. Последний вырабатывает сигнал ошибки в форме постоянного напряжения, уровень которого зависит от изменения фазового сдвига в ФМ.

Однако использование систем АПФ для ослабления АФК в СВЧ-устройствах не всегда целесообразно, так как при этом усложняется радиотракт и возможно увеличение амплитудной нелинейности. Исследования показали, что введение звена с управляемым временем запаздывания в состав СВЧ-устройства позволяет скомпенсировать АФК.

Уменьшение АФК путем управления режимом работы широкополосного усилителя мощности. В основе данного метода уменьшения АФК лежит явление, которое заключается в том, что время запаздывания сигналов в СВЧ приборах зависит от изменений режима работы по постоянному току. При изменении режима работы ШТУМ в соответствии с мощностью входного колебания имеет место функциональная зависимость $\Delta\varphi = f(P_{вх})$, характер которой может быть изменен путем управления режимом.

Изменение питающих напряжений на 1 % в мощных ШТУМ приводит к дополнительному фазовому сдвигу порядка нескольких десятых градуса. АФК в ШТУМ наиболее эффективно может быть компенсирована противоположным по знаку приращением фазы сигнала, возникающим при изменении напряжения питания. Ослабление АФК достигается за счет управления режимом работы по постоянному току.

Схема компенсации включает: направленный ответвитель; элемент задержки; нелинейный усилитель; детектор огибающей; управляющее устройство; источник питания. Управляющее напряжение вырабатывается в результате слежения за изменением разности фаз колебаний на входе и выходе устройства с АФК, осуществляемом системой автоподстройки фазы.

Введение компенсации дает возможность уменьшить амплитуднозависимый фазовый сдвиг.

Ослабление АФК с помощью компенсирующих устройств. Эффективными методами ослабления амплитудной зависимости фазового сдвига является включение последовательно усилителю с АФК электрически перестраиваемого фазовращателя и использование ФАПЧ. Фактически фазовращатель представляет собой фазовый модулятор, управляемый напряжением или током, зависящими от уровня входного колебания. Для схемы ШТУМ фазовый сдвиг усиливаемого колебания в перестраиваемом фазовращателе $\Delta\varphi$ должен уменьшаться при возрастании входной мощности и наоборот.

Требуемый характер работы, когда фаза колебания меняется с частотой, равной частоте изменения амплитуды огибающей усиливаемого сигнала, обеспечивается при использовании быстродействующих перестраиваемых фазовращателей СВЧ на основе сегнетоэлектрических пленочных элементов, или проходных фазовращателей СВЧ на перестраиваемых фильтрах.

Оказалось, что для компенсации нелинейности АХ последовательно с СВЧ усилителем целесообразно включить диодный аттенюатор, который управляется током, пропорциональным входной мощности усиливаемого колебания.

Коэффициент передачи диодного аттенюатора по мощности K_p должен увеличиваться с ростом управляющего тока $I_{упр}$. Благодаря этому результирующая АХ последовательного соединения цепей «диодный аттенюатор-усилитель СВЧ» оказывается линейной в широких пределах изменения входной мощности. Таким образом производится компенсация эквивалентной амплитудной нелинейности, к которой сводится АФК, возникающая в усилителе СВЧ.

Эффективность рассмотренного метода подтверждается результатами экспериментального исследования усилителя на ШТУМ с выходной мощностью 75 Вт. При компенсации АХ уровень продуктов ИМИ понизился на 6...8 дБ по сравнению со случаем отсутствия компенсации.

При одновременной компенсации АФК и нелинейности АХ было достигнуто уменьшение продуктов нелинейности на 10 дБ по сравнению со случаем отсутствия всякой компенсации. Следовательно, компенсация АФК приводит к снижению уровня продуктов нелинейности на 6 дБ. Те же результаты, что и при отсутствии компенсации, можно получить при наличии компенсации, если уменьшить степень недоиспользования ЛБВ по выходной мощности.

Таким образом, рассмотренный метод (хотя и требует установки перед УСВЧ с АФК управляемых аттенюаторов, вносящих затухание) позволяет уменьшить влияние АФК при заданном среднем уровне выходной мощности или увеличить использование СВЧ ШТУМ по выходной мощности без роста искажающего влияния АФК.

Рассмотренные способы, предполагают установку последовательно с источником АФК устройств, параметры которых зависят от уровня входного колебания.

Варакторные компенсаторы нелинейности. Ослабление АФК путем ее компенсации является наиболее эффективным методом, особенно при построении устройств СВЧ, где применение других методов либо нецелесообразно, либо не обеспечивает требуемых результатов. В состав устройства, представляющего собой последовательность передаточных цепей с АФК, т. е. каждая из них обуславливает проявление амплитудно-зависимых фазовых сдвигов, вводится четырехполюсник, создающий амплитудно-фазовый сдвиг противоположного знака и называемый компенсирующим.

Рассмотрены устройства, объединенные под общим названием варакторные компенсаторы. Их отличительной чертой является то, что для модуляции сигнала используются модуляторы на варакторах.

Соответственно различаются компенсаторы отражательного типа, проходного типа и компенсаторы, реализующие метод сложения векторов.

Отражательный компенсатор, будучи применен в составе приемно-усилительного тракта, позволяет уменьшить перекрестные искажения усилителя на ШТУМ более чем на 10...12 дБ. ИМИ возникают в приемном тракте не только из-за наличия АФК, но и из-за амплитудной нелинейности соответствующих узлов. Поскольку в реальных СВЧ ШТУМ оба указанных фактора действуют совместно, решение задачи компенсации усложняется.

В схеме осуществляется фазовая модуляция высокочастотного колебания, являющегося функцией огибающей входного сигнала компенсатора, так как начальная фаза отраженной варакторной головкой сигнала зависит от эффективной емкости варактора. В результате происходит ослабление паразитной фазовой модуляции.

Применение компенсаторов позволило добиться значительного уменьшения уровня перекрестных помех, свойственного усилительным приборам в режиме малого входного сигнала. Для обеспечения повышенной надежности в компенсаторах используются головки CR-типа, позволяющие компенсировать и АФК, и амплитудную нелинейность.



METHODS OF ATTENUATION OF AMPLITUDE-PHASED CONVERSION IN COMMUNICATION SYSTEMS IN A NONLINEAR SHF BY A TRACT

Nefedov V., Kasymov A.

The common requirements to devices of attenuation AFC. At development of nonlinear bandwidth-duration product amplifiers of power, with which the amplitude-phase conversion (APC) is peculiar, put by the purpose its attenuation. The following methods of its attenuation are known:

- introduction correcting circuits in a composition of a system of automatic control of a phase;
- control of operational mode of active devices BTAP on a direct current;
- change of a delay time of signals in BTAP;
- usage of devices of compensation.

Any effect rendered on the actual device with the purpose of attenuation to intensity of a ghost effect, inevitably reduces in more or less noticeable change and useful effect that is undesirable.

Diminution of phase accumulation by means of automatic controls of a phase. As a result of a research is established, that the influence of APC on indexes of a tract is attenuated at insert of a node, in which arises APC, in a composition of systems of self-acting regulation. However usage of systems ATP for attenuation AFC in SHF devices not always is expedient, as thus complicates the radio-channel and is possible increasing of amplitude nonlinearity. The researches have shown, that introduction of a device with a controllable delay time in a composition the SHF of the device, finds an opportunity to compensate (completely or partially) APC.

Diminution APC by control by operational mode of a BTAP. In a base of a sectional method of diminution APC lies the phenomenon which shows that a delay time of signals in SHF devices depends on changes of operational mode on a direct current. APC in BTAP most effectively can be compensated to opposite on the sign, of a phase of a signal originating at a supply variation. The attenuation APC is reached at the expense of control of a state of operation on a direct current.

Attenuation APC with the help of compensating devices. Effective methods of attenuation amplitude dependence of phase shift is the insert consistently to amplifier with APC electric of the retune phasor and usage PATF. The efficiency of observed method is confirmed by results of an experimental research of the amplifier on BTAP with output power 75 W. At compensation ACh the level of IMD by them was reduced on 10...12 dB in comparison with a case of lack of compensation.

The devices, integrated under a common title varactor compensators. Their special feature is that for modulation of a signal varactor's modulators are used. There are compensators of reflective and pass over types.