

Інфокомунікаційні системи

УДК 621.396.97

Н.М. Балан, И.В. Стрелковская, Ш.Г. Искендерзаде

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, Одесса

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ОВЧ

Рассматриваются гибридные системы цифрового звукового вещания, в которых программы вещания передаются одновременно в аналоговом и цифровом форматах.

Ключевые слова: звуковое вещание, ОВЧ, гибридная система, цифровое вещание, уровень шумов.

Введение

Общая постановка задачи. Международный Союз электросвязи рекомендует Украине перейти к цифровому звуковому вещанию к 2015 г. В переходный период возможно использование в диапазоне ОВЧ гибридного цифрового звукового вещания, при котором программы вещания передаются одновременно в аналоговом и цифровом форматах.

Разработка новых гибридных систем аналого-цифрового звукового вещания имеет большое практическое значение для внедрения современных технологий цифрового вещания в диапазоне ОВЧ.

1. Известные гибридные системы аналого-цифрового звукового вещания в диапазоне ОВЧ

Известна система аналого-цифрового радиовещания в диапазоне ОВЧ FMeXtra [1], в которой для передачи суммарного сигнала левого и правого каналов ($A + B$) используется полоса частот 0,03 – 15 кГц, для передачи разностного сигнала левого и правого каналов ($A - B$) используются полосы частот 23 – 38 и 38 – 53 кГц, а для передачи цифрового сигнала дополнительной программы используется полоса частот 62 – 99 кГц. Пилот-тон передается на частоте 19 кГц, а сигналы RDS – на тройной частоте пилот-тона – 57 кГц. На рис. 1 представлен спектр составного стереофонического сигнала в системе радиовещания FMeXtra.

Недостатком системы радиовещания FMeXtra является повышенный уровень шумов в полосе передачи цифрового сигнала дополнительной программы на частотах 62 – 99 кГц. Известна система аналого-цифрового радиовещания в диапазоне ОВЧ [2], в которой для передачи суммарного сигнала левого и правого каналов ($A + B$) используется полоса частот 0,03 – 15 кГц, для передачи разностного сигнала левого и правого каналов ($A - B$) используется однополосная модуляция и занимает полоса частот 23 – 38 кГц, а для передачи цифрового сиг-

нала дополнительной программы используется полоса частот 41 – 53 кГц. Пилот-тон передается на частоте 19 кГц, а сигналы RDS – на тройной частоте пилот-тона – 57 кГц. На рис. 2 представлен спектр составного стереофонического сигнала в системе аналого-цифрового радиовещания [2].

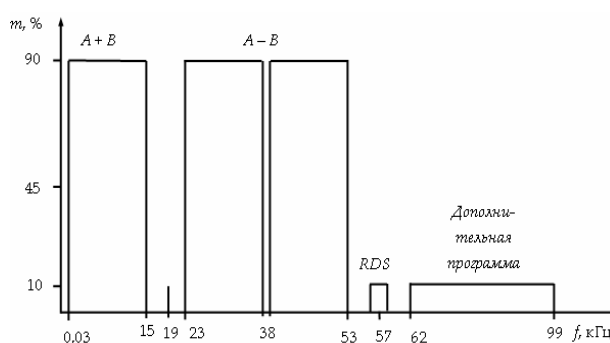


Рис. 1. Спектр составного стереофонического сигнала в системе радиовещания FMeXtra

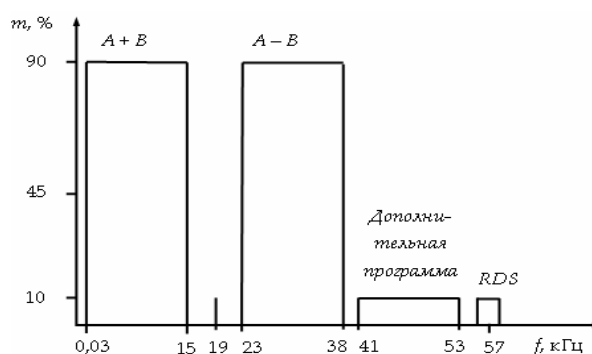


Рис. 2. Спектр составного стереофонического сигнала в системе [2] аналого-цифрового радиовещания

Недостатками такой системы является несовместимость стереофонического приема на типовой стереофонический приемник, предназначенный для приема стереопередачи по ДСТУ 4053-2001 [3], поскольку в полосу частот разностного сигнала 23 – 53 кГц типового стереофонического приемника попадают разностный сигнал левого и правого каналов ($A - B$), передаваемый на одной

боковой полосе 23 – 38 кГц и цифровой сигнал дополнительной программы в полосе частот 41 – 53 кГц, который будет создавать шумы. В такой системе не возможно использование типового стереофонического приемника, поскольку он требует сложной переработки с установкой нового фильтра для выделения одной боковой полосы и сложной схемы демодуляции однополосного сигнала с применением синхронного детектора.

2. Новая гибридная система аналого-цифрового звукового вещания в диапазоне ОВЧ

В основу новой предложенной авторами системы аналого-цифрового вещания в диапазоне ОВЧ [4] поставлена задача уменьшения указанных недостатков. В предложенной системе аналого-цифрового вещания для передачи цифрового сигнала дополнительной программы используются симметричные относительно подавленной частоты поднесущей полосы частот 23 – 30 кГц и 46 – 53 кГц, у которых уровень шумов ниже, чем в полосе частот 62 – 99 кГц, а для передачи разностного сигнала, созданного с ограниченных по частоте до 7 кГц левого и правого каналов, используется балансно-модулированный сигнал с симметричными относительно подавленной частоты поднесущей нижней и верхней боковыми полосами в полосе частот 31 – 45 кГц.

На рис. 3 представлен спектр составного стереофонического сигнала в новой системе аналого-цифрового радиовещания [4].

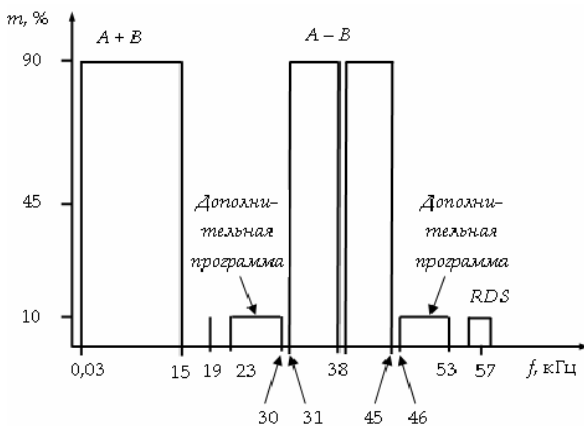


Рис. 3. Спектр составного стереофонического сигнала в системе [4] аналого-цифрового вещания

В предложенной системе аналого-цифрового вещания для передачи суммарного сигнала левого и правого каналов ($A + B$) используется полоса частот 0,03 – 15 кГц, для передачи разностного сигнала ($A - B$), созданного из ограниченных по частоте до 7 кГц левого и правого каналов, используется балансно-модулированный сигнал с симметричными относительно подавленной частоты поднесущей нижней и верхней боковыми полосами в полосе частот 31 – 45 кГц, а для передачи цифрового сигнала дополнительной программы исполь-

зуются симметричные относительно подавленной частоты поднесущей полосы частот 23 – 30 кГц и 46 – 53 кГц. Пилот-тон передается на частоте 19 кГц, а сигналы RDS – на тройной частоте пилот-тона – 57 кГц.

Существенным преимуществом предлагаемой системы при использовании типового стереофонического приемника является то, что требуется не-сложная замена только полосового фильтра разностного сигнала на фильтр с меньшей полосой пропускания в схемах с амплитудным или синхронным детектором или внедрения фильтрации выделенного разностного сигнала с ограничением его полосы до 7 кГц в любых схемах детектирования разностного сигнала, что позволяет оставить использование даже самых малогабаритных носимых приемников. Отсутствие в разностном сигнале частот больших 7 кГц, не влияющих на локализацию, будет компенсировано за счет поднятия уровня высоких частот в левом и правом каналах

Обеспечение меньшего уровня шумов в системе аналого-цифрового вещания в диапазоне ОВЧ осуществляется следующим образом:

Шумы в ограниченном полосе частот в системе стереофонического вещания в диапазоне ОВЧ с частотной модуляцией [5] определяются по формуле

$$U_{ш} \approx \gamma_0 \omega_B \sqrt{(2A/P_0) \cdot \arctg(\Omega_B \tau) / \tau}, \quad (1)$$

где γ_0 – коэффициент передачи тракта от входа частотного детектора к выходу приемника; ω_B – средняя частота занятой тем или иным сигналом полосы частот в составе составного стереофонического сигнала; A – спектральная плотность мощности; P_0 – мощность полезного сигнала; Ω_B – верхняя частота, равная половине занятой полосы частот; τ – постоянная времени звена предсказаний.

Отношение B шумов $U_{ш\text{ АЦВ}}$ в полосах частот цифрового канала дополнительной программы в системе аналого-цифрового вещания в диапазоне ОВЧ относительно уровня шумов $U_{ш\text{ FMExtra}}$ в полосе частот цифрового канала дополнительной программы в системе радиовещания FMExtra равно:

$$B = U_{ш\text{ АЦВ}} / U_{ш\text{ FMExtra}}.$$

Учитывая, что для передачи цифрового сигнала дополнительной программы используются две полосы частот 23 – 30 кГц и 46 – 53 кГц, каждая из которых будет иметь шумы, соответственно, $U_{ш1\text{ АЦВ}}$ и $U_{ш2\text{ АЦВ}}$, то общие шумы в двух полосах

$$U_{ш\text{ АЦВ}} = \sqrt{U_{ш1\text{ АЦВ}}^2 + U_{ш2\text{ АЦВ}}^2},$$

тогда
$$B = \frac{\sqrt{U_{ш1\text{ АЦВ}}^2 + U_{ш2\text{ АЦВ}}^2}}{U_{ш\text{ FMExtra}}}. \quad (2)$$

Подставим формулу (1) в формулу (2) с внесением соответствующих буквенных индексов для каждой из систем: для полосы 23 – 30 кГц внесем

индекс 1, а для полосы 46 – 53 кГц – индекс 2. Получим отношение В:

$$B = \frac{\sqrt{\left(\gamma_0 \omega_{B1 \text{ АЦВ}} \sqrt{(2A/P_0)} \cdot \arctg(\Omega_{B1} \tau) / \tau\right)^2 + \left(\gamma_0 \omega_{B2 \text{ АЦВ}} \sqrt{(2A/P_0)} \cdot \arctg(\Omega_{B2} \tau) / \tau\right)^2}}{\gamma_0 \omega_{B \text{ FMeXtra}} \sqrt{(2A/P_0)} \cdot \arctg(\Omega_{B \text{ FMeXtra}} \tau) / \tau}$$

После ряда преобразований

$$B = \frac{1}{\omega_{B \text{ FMeXtra}}} \sqrt{\frac{\omega_{B1 \text{ АЦВ}}^2 \arctg(\Omega_{B1} \tau) + \omega_{B2 \text{ АЦВ}}^2 \arctg(\Omega_{B2} \tau)}{\arctg(\Omega_{B \text{ FMeXtra}} \tau)}}$$

Уровень L шумов $U_{\text{ш АЦВ}}$ в двух полосах частот цифрового канала дополнительной программы в системе аналого-цифрового радиовещания в диапазоне ОВЧ относительно уровня шумов $U_{\text{ш FMeXtra}}$ в полосе частот цифрового канала дополнительной программы системы радиовещания FMeXtra равен

$$L = 20 \lg B = 20 \lg \left(\frac{(\omega_{B \text{ FMeXtra}})^{-1} \times \sqrt{\frac{\omega_{B1 \text{ АЦВ}}^2 \arctg(\Omega_{B1} \tau) + \omega_{B2 \text{ АЦВ}}^2 \arctg(\Omega_{B2} \tau)}{\arctg(\Omega_{B \text{ FMeXtra}} \tau)}}}{\omega_{B \text{ FMeXtra}}} \right) \quad (3)$$

Подставим соответствующие значения параметров в формулу (3):

– в системе аналого-цифрового вещания в диапазоне ОВЧ в полосе частот 23 – 30 кГц $f_{B1 \text{ АЦВ}} = 26,5$ кГц, $F_{B1 \text{ АЦВ}} = 7,0$ кГц, $\tau = 75$ мкс;

– в полосе частот 46 – 53 кГц $f_{B2 \text{ АЦВ}} = 49,5$ кГц, $F_{B2 \text{ АЦВ}} = 7,0$ кГц, $\tau = 75$ мкс;

– в системе радиовещания FMeXtra в полосе частот 62 – 99 кГц $f_{B \text{ FMeXtra}} = 80,5$ кГц, $F_{B \text{ FMeXtra}} = 18,5$ кГц, $\tau = 75$ мкс.

$$L = 20 \lg \frac{1}{2\pi \cdot 80500} \times \sqrt{\frac{(2\pi \cdot 25500)^2 \arctg(2\pi \cdot 7000 \cdot 75 \cdot 10^{-6}) + (2\pi \cdot 49500)^2 \arctg(2\pi \cdot 7000 \cdot 75 \cdot 10^{-6})}{\arctg(2\pi \cdot 18500 \cdot 75 \cdot 10^{-6})}} \approx -3,7 \text{ дБ}$$

ГІБРИДНА СИСТЕМА АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО МОВЛЕННЯ У ДІАПАЗОНІ ДВЧ

М.М. Балан, І.В. Стрелковська, Ш.Г. Искендерзаде

Розглядаються гібридні системи цифрового звукового мовлення, у яких програми мовлення передаються одночасно в аналоговому і цифровому форматах.

Ключові слова: гібридна система, ДВЧ, звукове мовлення, цифрове мовлення, формат.

HIBRID ANALOG-DIGITAL VHF AUDIO BROADCAST SYSTEM

N.M. Balan, I.V. Strelkovskaya, S.H. Isgandarzada

Presented hybrid systems digital sound broadcasting, where data transmits in analog and digital format at one time.

Keywords: hybrid systems, VHF, sound broadcasting, digital broadcasting, format.

Выводы

1. В системе аналого-цифрового вещания в диапазоне ОВЧ полученный уровень L шумов $U_{\text{ш АЦВ}}$ в полосах частот цифрового канала дополнительной программы на 3,7 дБ меньше уровня шумов $U_{\text{ш FMeXtra}}$ в полосе частот цифрового канала дополнительной программы системы радиовещания FMeXtra 62 – 99 кГц, и является существенным выигрышем (3,7 дБ) от использования симметричных относительно подавленной частоты поднесущей полос частот 23 – 30 кГц и 46 – 53 кГц, в которых размещается цифровой сигнал дополнительной программы.

2. Наряду с передачей цифровых сигналов дополнительных программ использование балансно-модулированного сигнала с симметричными относительно подавленной частоты поднесущей нижней и верхней боковыми полосами в полосе частот 31 – 45 кГц, позволяет сохранить широкий парк типовых стереофонических приемников при несложной замене только полосового фильтра разностного сигнала на фильтр с меньшей полосой пропускания и имеет большое практическое значение для внедрения новых технологий цифрового вещания в диапазоне ОВЧ.

Список литературы

1. Federal Network Agency. Documentation G771/00593/07. Compatibility Measurements FMeXtra interfering with Aeronautical Radionavigation. Germany, September, 2007.
2. Патент 40446 Україна, МПК Н 04J 1/00. Спосіб аналого-цифрового радіомовлення у діапазоні ДВЧ / М.М. Балан, О.А. Виходець (Україна). Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова; заявл. 3.11.2008; опубл. 10.04.2009, бюл. № 7.
3. ДСТУ 4053-2001. Система стереофонічного звукового мовлення з пілот-тоном. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання. К., Держстандарт України, 2001.
4. Патент 47111 Україна, МПК Н 04J 1/00. Спосіб аналого-цифрового мовлення у діапазоні ДВЧ / М.М. Балан, Ш.Г. Искендерзаде, І.В. Стрелковська (Україна). Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова; заявл. 26.10.2009; опубл. 11.01.2010, бюл. № 1.
5. Кононович Л. М. Стереофоническое радиовещание / Л. М. Кононович – М.: Связь, 1974. – 262 с.

Поступила в редколлегию 15.08.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Поповский, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.