

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ В СЕТИ
СИНХРОННОГО ВЕЩАНИЯ**

Балан Н.М., Ганжа С.Н.

**THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SIGNALS DISTORTIONS IN
SYNCHRONOUS BROADCASTING NETWORK**

Balan N.M., Ganzha S.N.

ОНАС им. А.С. Попова

В радиовещании продолжается переход к новым цифровым технологиям, проводятся исследования и рассматривается ряд стандартов:

- DAB, наземный и спутниковый вариант, позволяющий заменить существующие сети с амплитудной и частотной модуляцией в диапазонах ОВЧ и УВЧ;
- DRM, с комбинированием спектров аналогового и цифрового сигналов в диапазонах СЧ и ВЧ [1];
- ИВОС для диапазона ЧМ-вещания – диапазона ОВЧ, также с одновременной передачей аналогового и цифрового сигналов с вдвое расширенной по сравнению ОВЧ-ЧМ вещанием полосой частот;
- ИВОС для диапазонов АМ-вещания и частот ниже 30 МГц (СЧ и ВЧ), с одновременной передачей аналогового и цифрового сигналов в расширенной полосе частот [2].

Наряду с разработанными стандартами предлагается и новый вариант вещания для диапазона ОВЧ с одновременной передачей аналогового и цифрового сигналов – радиовещание с частотно-цифровой модуляцией, в котором полосу частот 0,03 – 15 кГц занимает суммарный монофонический сигнал, а в полосе частот 23 – 53 кГц вместо разностного стереосигнала передается цифровой сигнал.

Передача цифрового сигнала в новом варианте вещания, названном технологией ИВІС (In board in channel), позволяет использовать существующий частотный план и не накладывает дополнительных требований к тракту передатчика ОВЧ-ЧМ вещания.

Как и в гибридных системах радиовещания по разработанным ранее стандартам, так и в технологии ИВІС использование цифрового канала расширяет возможности вещания, позволяя сохранить аудиторию приема аналогового сигнала и предоставляет широкие возможности передачи в цифровом сигнале:

- четырех независимых музыкальных программ в формате PS (параметрическое стерео) – 4×48 кбит/с и 10,6 кбит/с в канале передачи данных;
- объемного звука музыкальной программы в формате 5.1 – 160 кбит/с и 4,56 кбит/с в канале передачи данных;
- одной музыкальной программы в формате PS (параметрическое стерео) 32 кбит/с и 132,24 кбит/с в канале передачи данных;
- большого объема данных 164,8 кбит/с для текстовых новостей.

Одновременная передача аналогового и цифрового сигналов в диапазоне ОВЧ в условиях ограниченного частотного ресурса оставляет актуальной задачу исследования искажений аналогового сигнала звукового вещания в сети синхронного вещания.

При мобильном приеме в сети синхронного ОВЧ-ЧМ вещания нелинейные искажения имеют циклический характер [3]. Изменения значений коэффициента нелинейных искажений наблюдаются в интервале изменения фазового сдвига частот несущих от 0 до 2π .

С целью подтверждения полученных теоретических данных было проведено экспериментальное исследование искажений сигналов звукового вещания в сети синхронного вещания на опытном участке сети между радиовещательными станциями в г. Бендеры (PBC1) и с. Маяк (PBC2) длиной 45 км.

Исследована сеть синхронного вещания с радиопередатчиками PBC1 и PBC2, имеющими одинаковые мощности равные 1 кВт. Эти передатчики создают в равноудаленной между ними точке (назовем ее точкой А) одинаковую напряженность поля, и в зоне изменения разности напряженности полей, создаваемых PBC1 и PBC2 до 6 дБ (назовем ее точкой А₁).

Исследования проводились при подаче сигнала частотой 1 кГц в левый и правый стереоканалы, следовательно, в составе составного стереосигнала суммарный сигнал равен сумме сигналов левого и правого каналов, разностный сигнал равнялся нулю.

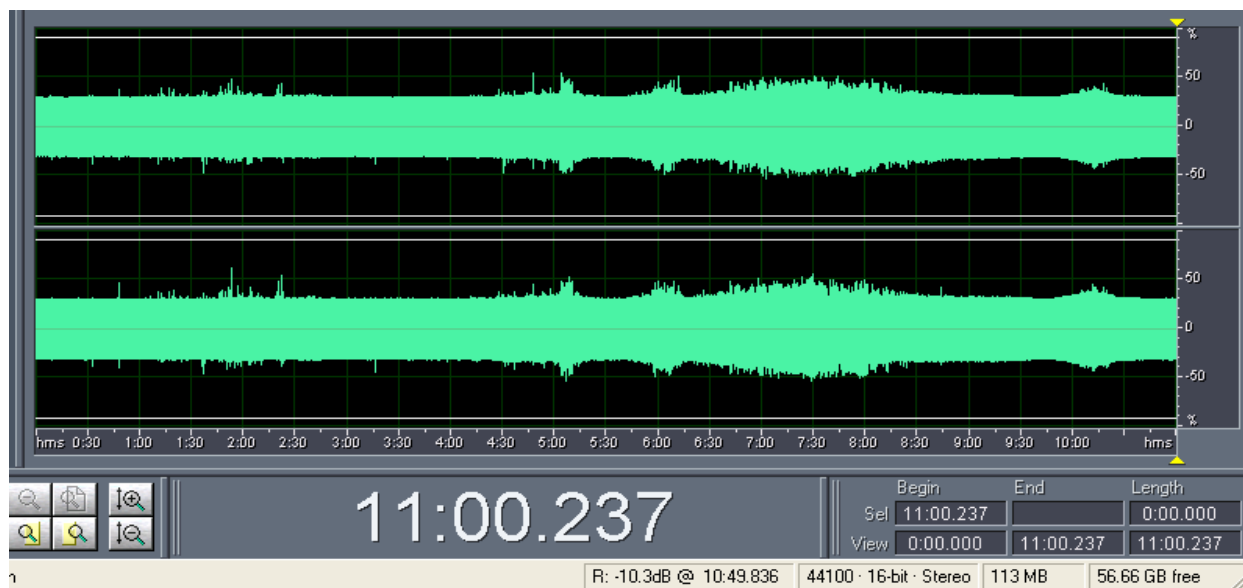
Прием проводится на штыревую антенну с круговой диаграммой направленности, установленной на середине крыши автомобиля. Использованное радиоприемное устройство – высококачественный стереофонический тюнер диапазона ОВЧ «DENON TU-600» с эффективно принимаемой полосой частот 40 – 15000 Гц, неравномерностью АЧХ 0,3 %, подавлением пилот-тона 45 дБ, переходным затуханием между каналами 40 дБ, отношением сигнал/шум 70 дБ.

Принятый сигнал обрабатывается в ПК с использованием программы «Cool Edit Pro 2.0», производящей оцифровку аналогового сигнала с заданными параметрами и последующее его сохранения в памяти ПК.

Прием сигнала сети синхронного вещания производится в автомобиле, движущемся по трассе со скоростью 60 км/час. Трасса проходит под углом 40° к линии, соединяющей PBC1 и PBC2. Участок трассы на котором разности напряженности полей, создаваемых PBC1 и PBC2 изменяются от –6 дБ до +6 дБ (будем называть его зоной искажений) имеет протяженность свыше 11 км, рельеф преимущественно ровный, за исключением нескольких понижений (балок) длиной до 100 м и глубиной до 10 м. Участок в окрестностях точки А, в котором нелинейные искажения достигают 4 – 5 и более процентов, будем называть зоной больших искажений.

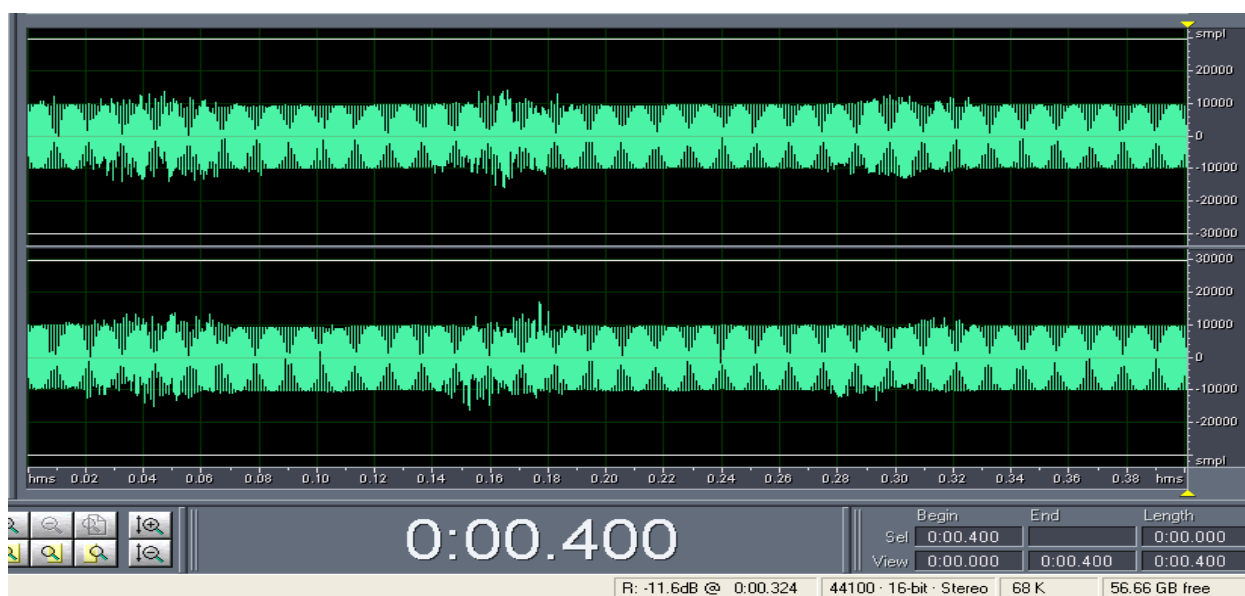
Программа «Cool Edit Pro 2.0» позволяет с минимальными искажениями воспроизвести записанный сигнал, представить на экране сигналограммы сигналов левого и правого каналов, позволяет произвести спектральный анализ любого из выбранных участков принятого сигнала. С целью воспроизведения с минимальными искажениями записанного сигнала в ПК установлена звуковая карта студийного качества «Creative SB X-Fi Xtreme Audio New». Для измерения нелинейных искажений используется автоматический измеритель нелинейных искажений С6-11.

На рисунке 1 представлена сигналограмма, полученная при пересечении участка зоны искажений за 11 мин. Середина сигналограммы с большими неоднородностями сигналов (6 мин. 40 с. – 8 мин. 30 с) соответствует прохождению трассы в районе т. А. Неоднородности сигналов в районе 2 мин. 00 с, 5 мин. 10 с, 6 мин. 00 с, и 10 мин. 10 с соответствуют прохождению автомобиля через понижения трассы, где условия прохождения радиосигналов были заметно плохими.



**Рисунок 1 – Сигналограмма, полученная при пересечении зоны искажений за 11 мин.
В окрестностях времени 7 мин. 30 с – точка А.**

На рисунке 2 показана сигналограмма, полученная при записи в течение 400 мс. Как видно из рисунка 2 появляющиеся искажения имеют циклический характер. Периодичность цикла равна 130 мс, при этом участок больших нелинейных искажений имеет продолжительность 50 мс, а участок с малыми искажениями – продолжительность 80 мс. Это подтверждает данные, приведенные в работе [3].



**Рисунок 2 – Сигналограмма, полученная при пересечении участка
зоны искажений за 400 мс.**

Графики изменений значений нелинейных искажений в одном из стереоканалов В и суммарного сигнала А+В в зоне искажений – окрестностях точки А – в зависимости от пройденного на трассе расстояния, показаны на рисунках 3 – 4. Сплошная линия соответствует максимальным значениям нелинейных искажений, штриховая – минимальным значениям.

На участке длиной 11 км, охватывающем изменение разности напряженностей полей РВС от 0 до 6 дБ, максимальные значения нелинейных искажений определены в пределах 6,7 – 8,5 км.

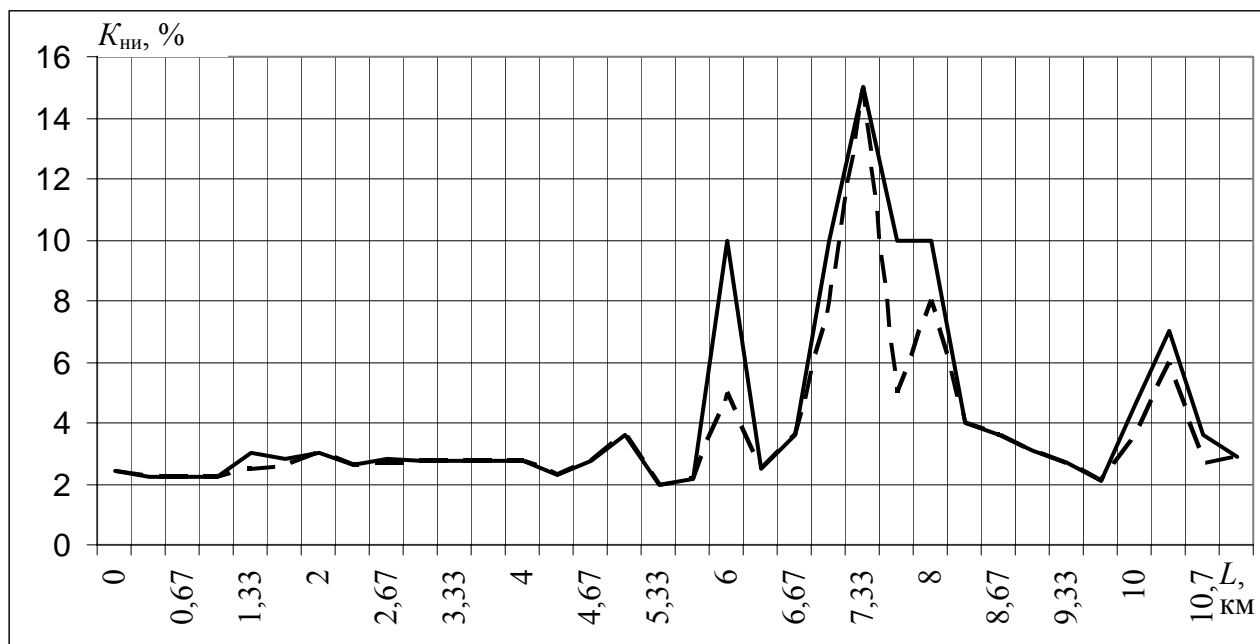


Рисунок 3 – График изменений значений нелинейных искажений в канале В в зоне заметных искажений – окрестностях точки А – в зависимости от расстояния вдоль линии соединяющей две РВС, в км. Сплошная линия – максимальные значения, штриховая – минимальные значения

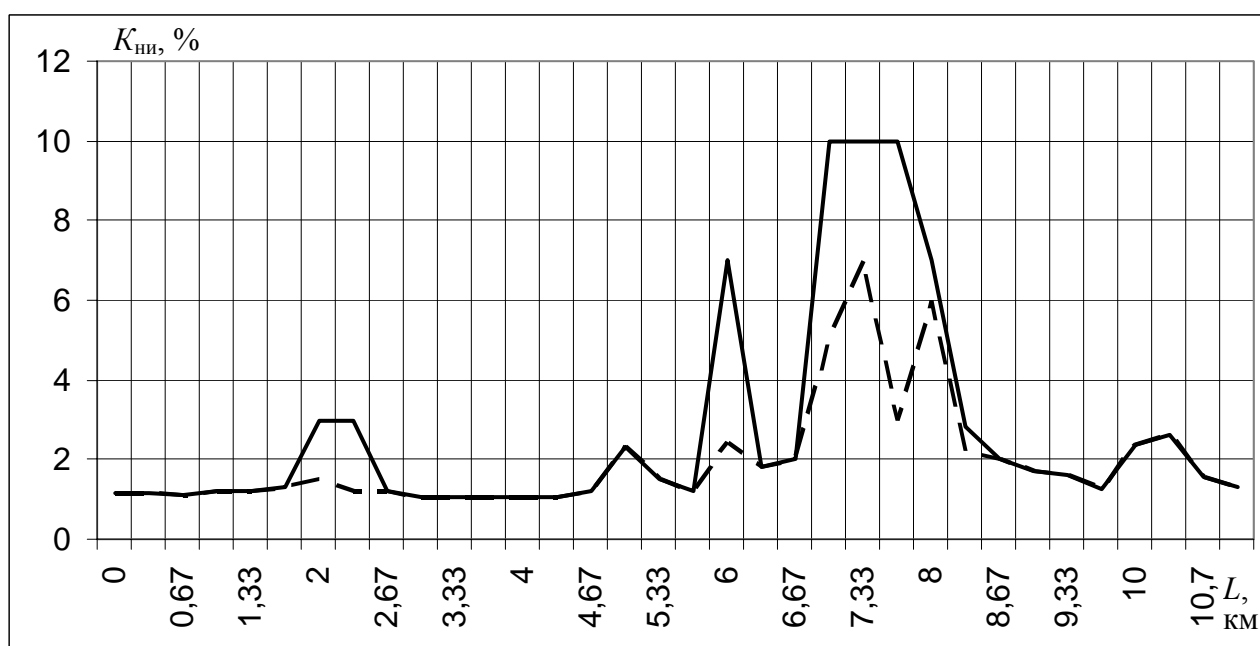


Рисунок 4 – График изменений значений нелинейных искажений в суммарном канале А + В в зоне заметных искажений – окрестностях точки А – в зависимости от расстояния вдоль линии соединяющей две РВС, в км. Сплошная линия – максимальные значения, штриховая – минимальные значения.

Спектрограммы и сигналограммы сигналов, соответствующие пересечению участка зоны с наибольшими искажениями в т. А за 20 мс даны на рисунке 5, а соответствующие пересечению участка зоны с меньшими искажениями в т. А за 20 мс – даны на рисунке 6.

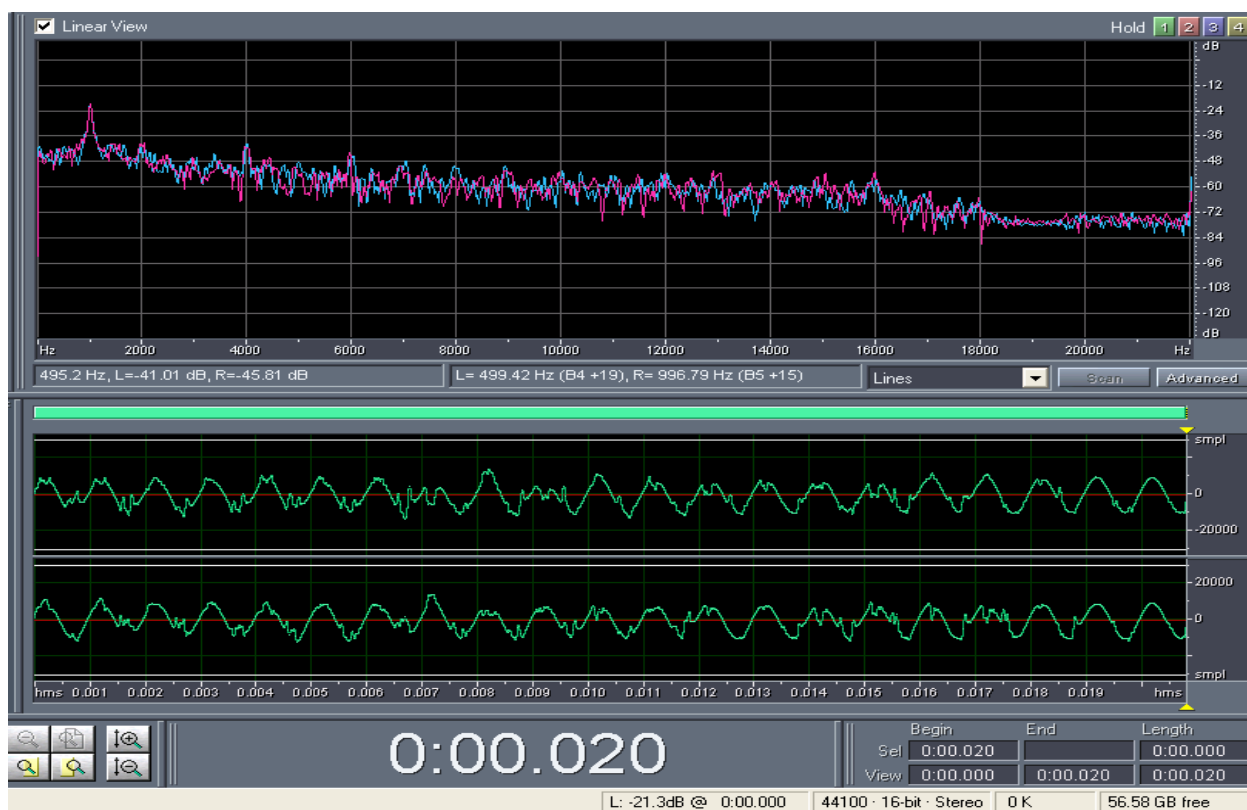


Рисунок 5 – Спектрограмма и сигналограммы сигналов, соответствующие пересечению участка зоны с наибольшими искажениями в т. А за 20 мс.



Рисунок 6 – Спектрограмма и сигналограммы сигналов, соответствующие пересечению участка зоны с меньшими искажениями в т. А за 20 мс.

Выводы

1 Сигналограммы, приведенные на рис.1 и 2 подтверждают циклический характер изменения нелинейных искажений при мобильном приеме. Такой характер появления искажений позволяет предположить о усреднении нелинейных искажений в процессе субъективного восприятия. Для доказательства этого намечена программа проведения дополнительных экспериментальных исследований.

2 Сигналограмма (рис. 1) принятого в движущемся автомобиле испытательного сигнала частотой 1 кГц позволяет определить зону искажений сети синхронного вещания.

3 Коэффициент нелинейных искажений в стереоканалах (рис.3) на краях зоны искажений равен 2,5 %, возрастает до 7 – 10 % в местах плохого приема (понижениях трассы) и увеличивается до 15 % в середине зоны искажений.

4 Коэффициент нелинейных искажений монофонического сигнала (рис.4) на краях зоны искажений равен 1 %, возрастает до 7 % в местах плохого приема (понижениях трассы) и не превышает 10 % в середине зоны искажений.

5 Нелинейные искажения монофонического сигнала ниже нелинейных искажений в стереоканалах.

6 Зона наибольших искажений монофонического сигнала (больше 3 %) занимает меньшую протяженность, чем зона наибольших искажений стереофонического сигнала.

7 В середине зоны искажений при пересечении участка зоны с наибольшими искажениями на спектрограмме (рис.5 и 6) хорошо видны и превалируют комбинационные искажения, похожие на шумы и субъективно воспринимаемые как шумы.

Литература

- 1 Выходец А.В. Звуковое радиовещание. – Одесса: Феникс, 2005. – 246 с.
- 2 Балан Н.М. Стандарт цифрового радиовещания ИВОС. // Праці УНДІРТ. – 2005. – № 2 (42). – С. 115 – 116.
- 3 Выходец А.В., Ганжа С.И., Кузнецова А.С. Интегральная оценка нелинейных искажений в системе синхронного ОВЧ-ЧМ вещания. // Праці УНДІРТ. 2006. – №1(45) – 2(46). – С. 61 – 66.