

2. Коржихин, Е.О. Методы снижения пик-фактора в системах наземного цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2 / Е.О. Коржихин, И.В. Власюк // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2009. – С. 83–86.

3. ETSI EN 302 307 V1.1.2 Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications.

4. ETSI EN 302 755 V1.2.1 Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)

А.П.ТКАЧЕНКО¹, А.Д.ЧЕРНЕЦКИЙ², М.И.ЗОРЬКО¹

ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ ШУМА КВАНТОВАНИЯ В ТРАКТЕ ОБРАБОТКИ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

²Организация с дополнительной ответственностью «П.Систем», г. Минск, Республика Беларусь

Приводятся результаты компьютерного моделирования влияния частоты дискретизации (тестового звукового сигнала в АЦП) на мощность шума квантования, выделяемого вместе с тестовым сигналом фильтром нижних частот (ФНЧ), который установлен на выходе цифроаналогового преобразователя (ЦАП).

Во многих работах, напр., [1-4] рассмотрены вопросы цифрового представления звуковых сигналов. Классически принято считать, что мощность шума квантования $P_{ш.кв.}$ при равномерной шкале квантования зависит только от выбранного значения шага квантования $\Delta U_{кв.}$, не зависит от частоты дискретизации f_d и определяется по выражению

$$P_{ш.кв.} = U_{кв.}^2 / 12 \quad (1).$$

В ряде работ Э.И. Вологодина обсуждается возможность уменьшения мощности шума квантования путем увеличения частоты f_d в АЦП. Это объясняется тем, что коэффициент передачи ФНЧ на выходе ЦАП (т.е. на приемной стороне или при воспроизведении цифровой записи) должен (в идеальном случае) иметь постоянное значение коэффициента передачи $K_{ФНЧ}$ в пределах от 0 Гц до высшей частоты F_B аналогового звукового сигнала. При этом мощность шума квантования определяется выражением (1), а ее спектральная плотность мощности $N(f)$ распределяется в пределах полосы: от 0 Гц до частоты $f_{d1}/2$. Отсюда следует, что, напр, при $f_{d1} = 2F_B$ (в одном случае) и $f_{d2} = 5f_{d1} = 10F_B$ (во втором случае) мощность шума квантования на выходе ФНЧ будет равна:

$$P_{ш.кв1}^{(ФНЧ)} = \int_0^{F_B} N_1(f) K_{ФНЧ}(f) df, \quad (2); \quad P_{ш.кв2}^{(ФНЧ)} = \int_0^{F_B} N_2(f) K_{ФНЧ}(f) df. \quad (3)$$

Так как $N_1(f)$ распределяется в пределах от 0 Гц до $f_{d1}/2 = F_B$, а $N_2(f)$ – в пределах от 0 Гц до $f_{d2}/2 = 10F_B/2 = 5F_B$ при одинаковом ФНЧ для двух рассматриваемых случаев, то увеличение f_d в M раз во столько же раз уменьшает мощность шума квантования и увеличивает защищенность от него, т.е. отношение сигнал/шум (ОСШ).

Численные значения параметров и характеристики, полученные при моделировании с помощью программы Right Mark Audio Analyzer, даны в таблицах 1 и 2, также на рисунке 1.

Таблица 1

Устройство:	[MM] Wave 1	[MM] Wave 2	[MM] Wave 3
Режим работы:	240k, 44 kHz	16k, 44 kHz	16k, 44 kHz
Частотный диапазон (мультипл.) дБ	+32.78...-25.24	+29.62...-23.50	+31.90...-28.99
Уровень шума, дБА	-19.4	-21.1	-22.8
Динамический диапазон, дБА	20.9	22.3	26.4
Гармонические искажения, %	3.069	4.129	1.226
Интермодуляционные искажения + шум, %	96.302	95.457	79.848
Взаимное преобразование каналов, дБ	-27.5	-22.6	-23.6
Интермодуляция (временная частота), %	34.617	47.016	42.659
Частотный диапазон (повременной тон), дБ	+7.4...-5.4	+7.5...-5.2	+7.1...-4.2
Гармонические искажения (выбор частот)	+40.63...-7.58	+38.73...-5.63	+34.17...-11.32
THD (invert freq.), %	+6.6...-35.4	+7.4...-30.5	+3.8...-32.4

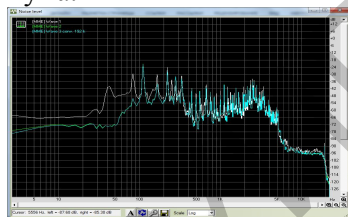
Таблица 2

Устройство:	[MM] Wave 1	[MM] Wave 2	[MM] Wave 3 conv. 152k
Режим работы:	240k, 44 kHz	16k, 44 kHz	16k, 44 kHz
Частотный диапазон (мультипл.) дБ	+32.78...-25.24	+29.62...-23.50	+29.75...-23.37
Уровень шума, дБА	-19.4	-21.1	-21.2
Динамический диапазон, дБА	20.9	22.3	22.4
Гармонические искажения, %	3.069	4.129	4.119
Интермодуляционные искажения + шум, %	96.302	95.457	95.464
Взаимное преобразование каналов, дБ	-27.5	-22.6	-22.6
Интермодуляция (временная частота), %	34.617	47.016	47.003
Частотный диапазон (повременной тон), дБ	+7.4...-5.4	+7.5...-5.2	+7.5...-5.2
Гармонические искажения (выбор частот)	+40.63...-7.58	+38.73...-5.63	+38.78...-5.61
THD (invert freq.), %	+6.6...-35.4	+7.4...-30.5	+7.3...-30.6

Частотный диапазон:



Уровень шума:



Динамический диапазон:

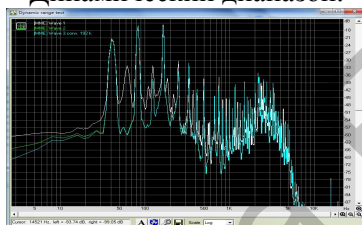


Рисунок 1 – Характеристики результатов моделирования

В третьем столбце таблицы 2 приведены параметры сигнала, полученные путем конвертации исходного цифрового тестового сигнала с частотой дискретизации 192 кГц в частоту 44,1 кГц.

Ввиду ограниченности объема и отсутствия на рисунке 1 отображения характеристик в цвете, подробные разъяснения параметров и характеристик будут приведены непосредственно в докладе с привлечением цветных слайдов и дополнительного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалгин, Ю.А. Аудиотехника: Учебник для вузов / Ю.А. Ковалгин, Э.И. Вологдин. – М.: Горячая линия, – Телеком, 2013. – 742с
2. Ткаченко, А.П. Цифровое представление сигналов изображения и звукового сопровождения: учеб. пособие / А.П. Ткаченко, П.А. Капура, А.Л. Хоминич. – Минск : БГУИР. – 2003. – 56с.
3. Ткаченко, А.П. Повышение защищенности от шумов квантования в тракте обработки цифрового звукового сигнала / А.П. Ткаченко, А.Д. Чернецкий, М.И. Зорько // Современные средства связи: матер. XVI Междунар. НТК, 27-29 сентября 2011года, Минск, Респ. Беларусь / редкол. : А.О. Зеневич [и др.]. – Минск: УО ВГКС, 2011. – 177 с. (С.52).
Ткаченко, А.П. Компьютерное моделирование защищенности от шумов квантования в звуковом тракте / А.П. Ткаченко, Д.П. Хмыз // Современные средства связи: матер. XVIII Междунар. НТК, 15-16 окт. 2013 года, Минск, Респ. Беларусь / редкол. : А.О. Зеневич [и др.]. – Минск: УО ВГКС, 2013. – 322с. (С.192-194).