

та. No 21. 2014. 12-16 Print. 3. Boguslavskij, L. Z. Vlijanie rezhimov raboty vysokovoltnogo istochnika pitaniya na formirovanie strimernogo koronnogo razrjada i effektivnost sistem gazoochistki L. Z. Boguslavskij, L. N. Myroshnychenko, Yu. G. Kazaryan, N. S. Yaroshynskij Tehn. elektrodinamika. Tem. vyp. Sylova elektronika ta energotfektyvnist. 2011. 44-49. Print. 4. http://www.ukranalyt.com.ua/index4_0.htm Gazoanaliticheskie priboryi, ZAO «Ukranalit» Web. 5. Pat. 50169 Ukraine, MPK H03K 3/53 (2006.01) Generator vysokovoltnykh impulsiv z nanosekundnym frontom dlya otrymannya stryvernogo koronnogo rozryadu Boguslavskij L. Z., Myroshnychenko L. M., Kazaryan Yu. G., Xrysto O. I.; zayavnyk ta patentovlasnyk Instytut impulsnykh procesiv i tehnologij NAN Ukraine. № u 2009 12959; zayavl. 14.12.2009; opubl. 25.05.10. Byul. No 10. Print. 6. Zayavka № u 2014 07889 Ukraine, MPK (2014.01) H03K3/53 B01D 53/32 C10K1/00 Systema impulsnoho elektrozhvylennyia elektrofiltriv dlya ochyshchennya riznoimpedansnykh hazovykh vykydiv Bohuslavskyy L. Z., Myroshnychenko L. M., Ovchynnikova L. Ye. Zayavleno 14.07.2014. Print. 7. Boguslavskij, L. Z. Sozdanie maketnyh obrazcov vysokovoltnogo oborudovaniya kompleksnyh sistem elektrofiltracii ekologicheski opasnyh promyshlennyh vybrosov L. Z. Boguslavskij, L. N. Myroshnychenko, V. V. Dyordyjchuk, D. V. Vynnychenko, N. S. Yaroshynskij. Vestn. Har'k. politehn. in-ta. No 52 (958). 2012. 31-39. Print.

Поступила (received) 14.04.2015

УДК 681.84.087.47 : 621.391

А. О. ДОВЖЕНКО, аспірант, НТУУ «КПІ», Київ;
В.Б. ШВАЙЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент, НТУУ «КПІ», Київ;
О. ШАРАДГА, аспірант, НТУУ «КПІ», Київ

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДУ УЩІЛЬНЕННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЗВУКОВОГО КОНТЕНТУ

Визначено особливості методів передискретизації в цифровій обробці багатоканальних форматів для покращення електромагнітної сумісності (ЕМС) цифрових звукотехнічних систем. Досліджено ефективність каналного мультиплексування під час передискретизації за умови застосування дельта-сігма модуляції. Проведене порівняння особливостей сучасних аудіоформатів за критеріями ЕМС. Оцінено перспективи та визначені переваги пропонованого методу ущільнення спектральних складників прямого цифрового потоку.

Ключові слова: багатоканальні аудіоформати, електромагнітна сумісність, обробка сигналів, спектральні характеристики, цифрові звукотехнічні системи.

Вступ. В нинішній час потреби якості запису та відтворення звукової інформації постійно підвищуються. Користувачі потребують більш якісного звуку у кінотеатрах та домашніх звукових системах. Збільшують частотний діапазон, кількість каналів, оптимізують програмні та апаратні засоби коду-

© А. О. Довженко, В. Б. Швайченко, О. Шарадга, 2015

вання та декодування. Але апаратна реалізація досить часто відрізняється. Тому існує потреба в універсальному форматі, що зможе забезпечувати якісний звук та можливість масштабування, з необхідною локалізацією максимумів спектральних складників за вимогами електромагнітної сумісності (ЕМС).

Актуальність. Сучасні аудіосистеми багатоканального запису та відтворення використовують різні формати, для різних задач. Відомі багатоканальні системи [1], в яких спочатку проводять мультиплексування каналів, а потім пере дискретизацію з метою зменшення шумів квантування в низько-частотній області. Це призводить до потреби універсальних потужних блоків обробки звукових даних [2]. Однак робота ключових елементів електричних блоків звукотехнічних систем на підвищеній до сотень кілогерц частотах є причиною збільшення кондуктивних радіозавад [3]. Тому дослідження особливостей кодування цифрових відліків багатоканальних аудіоформатів за вимогами ЕМС та аналіз можливостей їх удосконалення за цим критерієм є актуальним.

Постановка задачі. Для вибору методу, найбільш придатного для проведення маніпуляцій з спектральними максимумами, необхідно порівняти переваги кожного з методів кодування багатоканального звуку. Окрім того, необхідно визначити особливості формування багатоканальний сигналів за новою процедурою, спочатку провівши аналогово-цифрове перетворення сигналів усіх каналів, а потім виконавши як мультиплексування, так і передискретизацію з аналізом спектральних характеристик цифрового потоку сигналів прототипу і аналізуюмих за новими процедурами.

Проведемо аналіз сучасних форматів для визначення їх основних переваг та недоліків в аспекті ЕМС. Одним з прогресивних сучасних форматів є Super Audio CD (SACD) [1]. Даний стандарт передбачає від 1 до 6 звукових каналів. Результати порівняння цього формату з іншими сучасними форматами [2,4] для якісного запису/відтворення звуку наведено в табл. 1.

Формати CD, DVD-Audio та SACD передбачають фіксовану кількість каналів для запису. FLAC (Free Lossless Audio Codec) [4,5] передбачає від 1 до 8 каналів в залежності від потреби. Також FLAC [6,7] забезпечує стиснення даних без втрат при відтворенні.

Особливістю SACD є використання DSD (англ. Direct Stream Digital) [1] – одnobітний аудіоформат, розроблений компаніями Sony і Philips, в якому використовують кодування широтно-щільнісною модуляцією (англ. Pulse Density Modulation (PDM), різновид сигма-дельта-модуляції) і застосовують для зберігання звукозаписів на оптичному носії SACD. Спочатку розроблявся як формат архівування звукозаписної компанії Sony Music для музичного архіву у цифровий формат.

Зазвичай, при записі та відтворенні багатоканального звуку не достатньо

фіксованої кількості каналів. При багатоканальному записі, наприклад концерту, існують потреби в записі окремо кожного інструменту чи групи інструментів одним загальним елементом для часової синхронізації. Кількість інструментів чи груп змінюється, а отже і кількість каналів. Збільшувати кількість каналів до нескінченності не раціонально.

Цю проблему можна вирішити, запропонувавши новий формат, що забезпечує однобітне подання з використанням перемешовування різних каналів.

Таблиця 1 – Популярні аудіо формати

	CD	DVD-Audio	SACD	Flac [7]
Формат, біт	16	16-, 20-, 24	1	8, 12, 16, 20, 24
Частота дискретизації, кГц	44,1	44,1—192	2822,4	8-96
Динамічний діапазон, дБ	96	144 (теоретично)	120	96
Частотний діапазон, Гц	20-20 000	до 96000	20-50 000	20-20 000
Ємність диску, ГБ	0,7	4,7—8,5	4,7-8,5	
Час на одному носії, хв.	80		>180 / 109	-
Сtereo	+	+	+	+
Surround Sound	-	5.1 (крім 192 кГц)	5.1	8

Спочатку для кожного каналу виконують однорозрядне квантування до передискретизації. Аналоговий звуковий сигнал конвертується в цифровий за допомогою дельта-сигма модуляції при частоті дискретизації, але з рівнем всього 1 біт.

Надлишковість має велике значення при усуненні шумів квантування [4]. Оскільки сигнал передискретизовано, сусідні відліки корелюють один з одним. У підсумку так званого «мережевого ефекту» потужність шуму в частотному діапазоні, займаному корисним сигналом, зменшується пропорційно підвищенню частоти дискретизації. Передискретизація дозволяє уникнути необхідності попереднього фільтрування і зберігає гармоніки в їх первинному стані (хоча вони можуть виявитися задавленими шумом квантування, особливо на високих частотах). Фазова характеристика стає більш схожою з характеристиками високочастотних аналогових систем.

Основними перевагами порівняно з імпульсно-кодовою модуляцією PCM (англ. Pulse Code Modulation, див. рис. 1) є:

- частотний та динамічний діапазони є ширшим у порівнянні з аудіо-форматами Flac та CD;
- завадостійкість є вищою у порівнянні з пакетною обробкою кожного каналу, оскільки при втраті пакету втрачається ця частина запису (а в даній реалізації – відповідно, менша частина);
- простіша апаратно-програмна обробка багатоканальних реалізацій

порівняно з обробкою окремих доріжок;

- зниження впливу пакетних помилок.

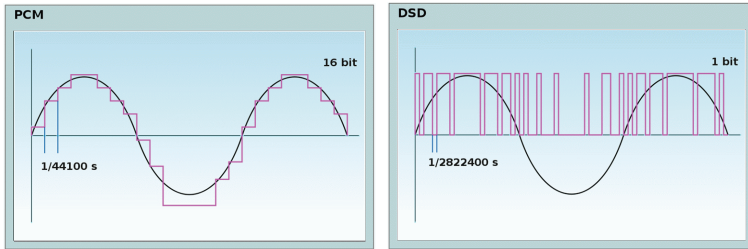


Рисунок 1 – Формування тонального сигналу кодами PCM та DSD

Наведемо параметри модельного сигналу (рис. 2) та його спектри за умов:

- частота дискретизації 44,1 кГц;
- розрядність 32 біти;
- інформаційна швидкість 176 400 біт/с;
- граничне значення динамічного діапазону 192 дБ.

Формат файлу WAV (Waveform Audio File Format). Це музикальний запис тривалістю 10 с групи Eagles – Dust in the wind, у котрого гучніші низькі частоти та тихші високі.

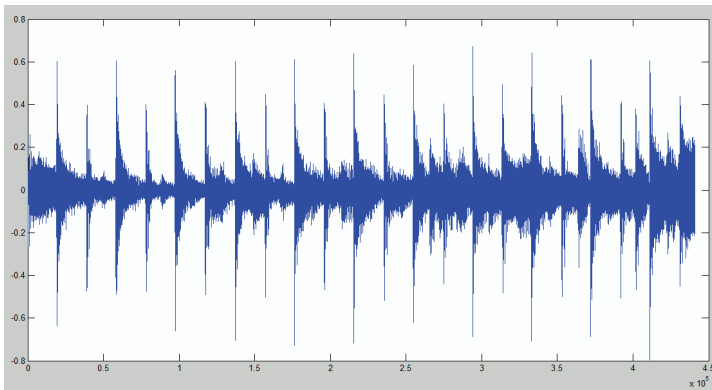


Рисунок 2 – Звуковий сигнал одного каналу в часовій області

Порівняємо спектри послідовного запису кожного каналу та передискретизованого (паралельного записів). При послідовному записі до спільної доріжки записують один за одним від початку до кінця кожен звуковий доріжку. Таким чином окремі доріжки розміщені у спільному файлі. При передискретизації послідовно записують блоки кожної з доріжок до

одної спільної. Тобто спочатку перший біт першої каналу, далі перший біт другого і так всі канали. Далі операція повторюють з наступними бітами до закінчення. Відповідно частота такого потоку буде більша на кратну кількість каналів від частоти дискретизації.

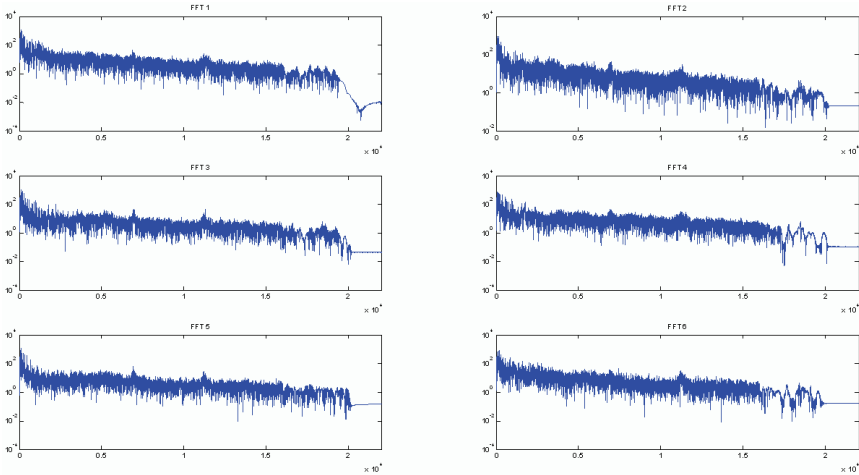


Рисунок 3 – Спектр кожного з 6 каналів

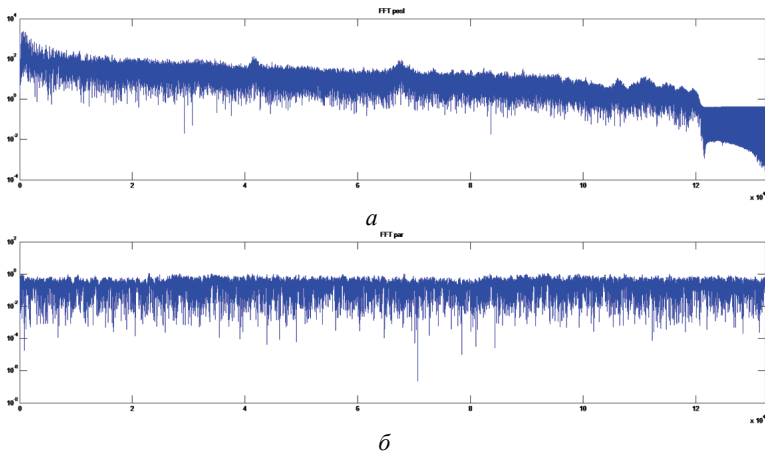


Рисунок 4 – Спектр сигналів: *a* – мультимплексованого; *б* – передискретизованого

Спектри представлено на рис. 4. Типова процедура передискретизації полягає в збільшенні частоти шляхом повторення бітів кожної низькочастотної вибірки в коефіцієнт трансформатції разів на періоді. Удосконалення процедури полягає в ущільненні інформації таким чином, що спочатку пер-

ший біт першого каналу, далі перший біт другого і так всі канали. Далі операція повторюють з наступними бітами до закінчення фрагменту.

Аналіз спектрів за рис. 3 дозволяє зробити висновок, що вони схожі. Спектр мультиплексованого сигналу подібен до спектру сигналів, розміщених у ньому, оскільки складений мультиплікативно. Але спектр сигналу з удосконаленою передискретизацією не подібен до початкових. У передискретизованого сигналу спектр рівномірно розподілений, на відміну від спектру мультиплексованих сигналів. Це зумовлено вибірковою подібністю сигналів, оскільки кожен сигнал розділено на блоки.

Моделювання проведено в середовищі Matlab. Послідовність програми є наступною: зчитування файлів за зазначених умов до масивів; побудова одного з монофонічних фонограм; ШПФ кожного сигналу та їх побудова; створення послідовного файлу шляхом послідовного поєднання масивів сигналів за допомогою команди cat; поєднання монофонічних сигналів до одного масиву та його транспонування; ШПФ матриці передискретизованого сигналу; побудова спектрів послідовного та передискретизованого сигналів.

Висновки. Отже, поєднавши переваги SACD та масштабування, можна отримати шуканий формат з необхідною локалізацією максимуму спектральних характеристик. Результатом цього поєднання будуть наступні переваги:

- однопоточність даних при обробці, що полегшує апаратну та програмні реалізації та дозволяє забезпечити вимоги EMC;
- динамічний діапазон щонайменше у 120 дБ;
- частотний діапазон не менше 20-50 000 Гц;
- можливість створення файлів різних розмірів (відсутність обмеженості диску, наприклад, як у формату SuperCD);
- масштабування кількості каналів (від моно до багатоканального) за потреб запису без надлишковості;
- можливість ефективного програмного виділення кожного каналу для зменшення навантаження на всю систему обробки;
- можливість долучення каналів в існуючий запис додаванням нової доріжки, а не переписуванням та перемережуванням всіх доріжок;
- єдиний стандарт для апаратної та програмної реалізації (можливість кодування/декодування за допомогою різних реалізацій в залежності від вимог).

Список літератури: 1. Вологдин Э.И. Стандарты и системы цифровой звукозаписи / Э.И. Вологдин. – СПб: ГОУВПО 2012. – 156 с. 2. Еременко А.С. Исследование методов потоковой передачи мультимедийных данных с использованием TCP/HTTP / А . С . Еременко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий 2013. – 2/9 (62). – С.42-47. 3. Векслер Г.С. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания / Г.С. Векслер и др. – К.: Техніка, 1990. – 167 с. 4. Чижов И.И. О новом методе компрессии речевых сигналов / И.И. Чижов Т.Н. Созонова / Научные ведомости. – Белгородский государственный университет, 2009. – № 7. – С. 173-180. 5.

Безрук В.М. Выбор оптимальных речевых кодеков методами экспертного оценивания / В. М. Безрук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – 3/2 (57). – С. 19-24. 6. Brtlett B. Recording music on location: capturing the live performance / B. Brtlett. – 2014. – Burlington, USA. 7. FLAC – format. Режим доступа: <http://manual.freeshell.org/flac-1.2.1/html/format.html>. – Дата послания : 09 березня 2015.

Bibliography (transliterated): 1. Vologdin E.I. Standarti i sistemy cifrovoy zvukozapisi. SP: GOU-VOPO, 2012. 156. Print. 2. Eremenko A.S. Isledovanie metodov potokovoy preedaci multimediynih danih s ispolzovaniem TCP/HTTP. Vostochno-Evropeyskiy jurnal peredovih tehnologiy. 2013. 2/9 (62). 42-47 Print. 3. Veksler, G.S. et al. Podavlenije elektromagnitnyh pomeh v cepjah elektropitanija. Kyiv: Technika, 1990. Print. 4. Chigov I.I., Sozonova T.N. O novom metode kompresii rechevih signalov. Nauchnie vedomosti. Belgorodskiy gosudarstvenniy universitet, 2009. № 7. 173-180 Print. 5. Bezruk V.M. Vibor optimalnih rechevih kodekov metodami ekspertnogo ochenivaniya. Vostochno-Evropeyskiy jurnal peredovih tehnologiy. 2012. 3/2 (57). 19-24 Print. 6. Brtlett B. Recording music on location: capturing the live performance. Burlington, USA. 2014 Print. 7. FLAC – format >.. Web. 09 March 2015 < <http://manual.freeshell.org/flac-1.2.1/html/format.html> >.

Надійшла (received) 15.04.2015

УДК 621.319.53

В.М.ИВАНОВ, старш. научн. сотр., НИПКИ «Молния», НТУ «ХПИ», Харьков

ГЕНЕРАТОР ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИМПУЛЬСНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Созданы и успешно прошли апробацию в заводских условиях генераторы высокого напряжения, содержащие импульсные трансформаторы с полупроводниковыми *IGBT* ключами в низковольтной цепи трансформатора, образца электрофизической установки для конверсии метана в составе коксового газа в синтез-газ при помощи высоковольтных импульсных объемных разрядов: коронного и барьерного. Размыкающий режим работы ключа позволяет избежать ограничения по амплитуде импульсов напряжения на нагрузке и полностью передать запасенную энергию в индуктивном накопителе.

Ключевые слова: электрофизическая установка, высоковольтный импульсный трансформатор, полупроводниковый ключ, импульсный коронный разряд, импульсный барьерный разряд.

Введение. Для многих электротехнологий и физических исследований создание импульсных генераторов напряжения позволяющих получать и использовать высокие напряжения и большие токи является актуальной зада-

© В.М.Иванов, 2015