

УДК 621.396.7

Гребинь А. П., старший преподаватель (Тел.: +380 50 330 83 54. E-mail: a.grebin@yandex.ru)

Левенец Н. Ф., ассистент (Тел.: +380 66 726 79 59. E-mail : n.levenets.ua@gmail.com)

Швайченко В. Б., канд. техн. наук, доцент (Тел.: +380 95 807 75 70. E-mail : vbs2011@ukr.net)

Пробитый Д.М., аспирант (Тел.: +380 93 751 28 71. E-mail : denpro.tv@gmail.com)

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»)

ОСОБЕННОСТИ РЕСТАВРАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АУДИОСИГНАЛОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ СПЕЦИФИКОЙ НОСИТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Гребинь О. П., Левенец Н. Ф., Швайченко В. Б., Пробитый Д. М. Особенности реставрации та відновлення аудіосигналів, зумовлених специфікою носія магнітного запису. Узагальнено основні типи магнітних носіїв аналогової фонограми. Визначені характерні особливості пристроїв магнітного запису-відтворення фонограм, що визначають якісні показники. Наведені значення параметрів пристроїв магнітного запису. Узагальнені особливості шумів та завод на фонограмах, що притаманні магнітному запису, які є визначальними для отримання якісних аудіосигналів в разі відновлення та реставрації.

Ключові слова: імпульсні завади, магнітний звукозапис, спотворення, реставрація та відновлення аудіосигналів, фонограма, шуми магнітного запису

Гребинь А. П., Левенец Н. Ф., Швайченко В. Б., Пробитый Д. М. Особенности реставрации и восстановления аудиосигналов, обусловленных спецификой носителя магнитной записи. Обобщены основные типы магнитных носителей аналоговой фонограммы. Определены характерные особенности устройств магнитной записи- воспроизведения фонограмм, которые определяют качественные показатели. Приведены значения параметров устройств магнитной записи. Обобщены особенности шумов и помех на фонограммах, присущие магнитной записи, которые являются определяющими для получения качественных аудиосигналов в случае восстановления и реставрации.

Ключевые слова: импульсные помехи, магнитная звукозапись, искажение, реставрация и восстановление аудиосигналов, фонограмма, шуми магнитной записи

Постановка проблемы. В настоящее время значительно повысился интерес к историческим событиям, которые происходили за последнее столетие, информация о которых, в той или иной степени, зафиксирована на различных аналоговых носителях записи. Большинство носителей, к сожалению, хранятся не всегда в оптимальных условиях, что приводит к старению и разрушению носителя и ухудшению качества записанной информации или даже потери части информации. Актуальность исследования определяется необходимостью повышения качественных параметров фонограмм аналоговых носителей в процессе их реставрации и восстановления [1, 2].

Информация, хранящаяся на аналоговых носителях, в большинстве, требует реставрации, особенно это характерно для магнитных фонограмм. Ведь магнитные фонограммы наиболее чувствительны к условиям хранения и теряют свои свойства как носителя, так и качественные показатели записанной информации [3, 4]. На данном этапе развития технологий реставрации самой перспективной является электронная реставрация с использованием персональных компьютеров с соответствующим программным обеспечением. И поэтому за последнее время возрос спрос на системы перевода аналоговой записи в цифровую запись на современные носители и с использованием ПК [5, 6].

Основными носителями звуковой информации в аналоговой форме являются грампластинки, магнитная лента и фото пленка [7, 8]. Каждый носитель записи в процессе записи вносил в записанную информацию свои искажения, вызванные принципом записи. Восстановление или реставрация фонограмм, записанных на аналоговых носителях, предполагает, в первую очередь, уменьшение вносимых самим носителем искажений и помех, а затем улучшение качественных параметров записанной информации до уровня современных цифровых носителей и требований.

Процесс реставрации фонограмм длителен и трудоёмок. Начинается он почти всегда с обработки носителя записи - механического, магнитного, фотографического, затем проводится обработка записанного материала. Обработка носителя записи - процесс не менее важный, чем обработка записанной информации, однако именно работа с восстановлением информации, точнее проблемы, возникающие в её ходе, требуют разработки новых методов.

Как правило [9], восстановления требует записанная информация, некоторые технические параметры которой деградировали: ограничена полоса частот, утрачены фрагменты фонограммы, уменьшено отношение сигнал/шум за счёт шумов, например, магнитного носителя и старения магнитного слоя, присутствуют нелинейные искажения.

Процесс реставрации и восстановления звуковых фонограмм в большей степени творческий процесс, однако, некоторые характерные искажения и помехи, вносимые носителем записи можно автоматически распознавать, а сам процесс восстановления и реставрации частично автоматизировать. Для реставрации фонограмм с использованием автоматизации процесса важно знать характерные особенности фонограмм, записанных на определенных носителях, какими являются - магнитная лента, грампластинка, фотопленка.

Любой носитель подвержен вредным влияниям внешней среды и старению в процессе использования. Каждый носитель имеет характерные особенности записи и воспроизведения, характерные шумы и искажения, срок годности к воспроизведению и т.д.

Особенности при магнитной записи – наличие шума ленты как постоянное «шипение», проявление эффекта саморазмагничивания, копирэффекта, механического разрушения магнитного слоя ленты и механического повреждения основы ленты, что проявляется в виде искажений, выпадений, плавления звука [1, 3, 10, 11].

Для магнитной записи будем анализировать студиюную фонограмму на носителе в виде магнитной ленты в рулоне, длительностью 45 мин., стереофоническая запись на всю ширину ленты, сделанная на студийном магнитофоне при скорости 38,1 см/с. Канал записи-воспроизведения соответствует параметрам студиюной записи или 0 группе сложности бытовой записи [12].

В процессе анализа предпочтение будем отдавать параметрам воспроизведения фонограмм с учетом цели и задачи реставрации и восстановления, конечно, оговариваясь о параметрах и искажениях, возникающих при записи.

Цель работы – определить влияние параметров различных типов магнитных носителей для дальнейшей автоматизированной обработки на процесс восстановления и реставрации аналоговых фонограмм в зависимости от способа магнитной записи и типа носителя.

Изложение основного материала. Элементами, влияющими на качественные показатели записи-воспроизведения звука для магнитного носителя, являются:

- 1) механизм передвижения носителя (лентопротяжный механизм);
- 2) параметры и конструкция преобразователя сигнала (магнитной головки) и принцип записи сигнала на носитель и считывания с него;
- 3) сам носитель (магнитная лента, диск, проволока и т.п.), как элемент хранения информации.

В Табл. 1 приведены характерные особенности устройства магнитной записи-воспроизведения фонограмм, влияющие на качественные показатели.

Для корректной реставрации и восстановления фонограмм на магнитной ленте необходимо учитывать диапазон параметров устройств аналоговой записи звуковых сигналов на различных типах магнитного носителя, как катушечного исполнения, так и кассетного. В Табл. 2 обобщены значения параметров магнитной записи и носителя.

**Особенности устройств аналоговой магнитной
записи-воспроизведения звуковых фонограмм на магнитной ленте**

Табл. 1

№ п/п	Описание устройств записи-воспроизведения аналоговых фонограмм	Особенности при магнитной записи
1	Принцип формирования сигнала записи	Создания остаточной намагниченности в звуконосители в виде магнитной ленты, движущейся с постоянной скоростью мимо записывающей головки. Головка записи создает магнитное поле в соответствии с формой звукового сигнала записи. В процессе магнитной записи происходит преобразование изменений амплитуды сигнала в изменения намагниченности носителя, а временные изменения преобразуются в расстояние на ленте между участками намагниченности.
2	Принцип формирования сигнала воспроизведения	Обратное преобразование остаточной намагниченности ленты в магнитный поток в сердечнике воспроизводящей головки и появление ЭДС в обмотке головки, в соответствии с записанным звуком. Лента перемещается с той же скоростью, что и при записи.
3	Механизм передвижения носителя	Лентопротяжный механизм с постоянной линейной скоростью перемещения магнитной ленты относительно магнитных головок. Обеспечивает также необходимое натяжение ленты, прижим к головке и ускоренную перемотку ленты.
4	Механизм передвижения преобразователя записи	Головка записи неподвижна
5	Механизм передвижения преобразователя воспроизведения	Головка воспроизведения неподвижна
6	Устройство (преобразователь) сигнала записи и принцип нанесения информации на носитель	Магнитная головка записи в виде кольцевого сердечника из магнитомягкого ферромагнитного материала с немагнитным зазором. У зазора создается переменное магнитное поле, определяемое звуковым сигналом, которое создает остаточную намагниченность в магнитном носителе
7	Устройство (преобразователь) считывания сигнала	Магнитная головка воспроизведения в виде кольцевого сердечника из магнитомягкого ферромагнитного материала с немагнитным зазором. У зазора изменение намагниченности рабочего слоя ленты, движущейся мимо головки, преобразуется в колебания тока звуковой частоты.
8	Необходимость предварительной обработки носителя	Да. Предварительное стирание ранее записанных фонограмм с помощью головки стирания; наличие ВЧП при записи.
9	Специфика записи-воспроизведения	Использование ВЧ-предискажений при записи, ВЧ коррекция при воспроизведении. Введение ВЧП для линеаризации характеристики намагничивания
10	Возможность перезаписи на одном и том же носителе	Предусмотрено
11	Носитель записи	Магнитная лента – основа из полиэтилентерефталата, магнитный слой в виде лака, приготовленного на основе порошков магнитотвердого ферромагнетика (гамма-окись железа, феррит кобальта, двуокись хрома, чистого железа).

**Параметры устройств аналоговой записи
звуковых сигналов на магнитном носителе**

Табл. 2

№ п/п	Наименование параметра	Магнитная запись
1	Рабочий диапазон частот, Гц, не уже	31,5...22000
2	Относительная АЧХ ленты, дБ	0,5+/-1*реальная -2+/-1,5; 4
3	Относительная чувствительность магнитной ленты, дБ	3,5+/-1*
4	Неравномерность чувствительности ленты, дБ на частотах 400 Гц на частоте 1000 Гц на частоте 10000 Гц	+/-0,5 +/-0,5...1 +/-1,5
5	Номинальный остаточный магнитный поток, нВб/м, на частоте 1000 Гц для стереомагнитофонов	510
6	Скорость (частота) движения носителя	38,1 см/с
7	Отклонение скорости (частоты) от номинального значения, %	+/-0,3
8	Коэффициент детонации записи (воспроизведения), %	+/-0,04 (+/-0,1)
9	Дрейф скорости, %, не более	+/-0,015% для магнитофонов с САР по натяжению;
10	Относительный уровень помех канала записи, дБ	-62 (-60)
11	Относительный уровень паразитных напряжений в канале записи-воспроизведения, дБ, не более	-52
12	Относительный уровень помех канала воспроизведения, дБ	-66
13	Относительный уровень стирания, дБ	-75
14	Относительный уровень шума намагниченной ленты, дБ	-40...-45
15	Уровень шума паузы, дБ	-54...-60
16	Уровень копирэфекта, дБ	-52...-56
17	Коэффициент гармоник, %, не более, на частотах: 30...60 Гц 60...8000 Гц более 8000 Гц	1...2 (1,5)
18	Коэффициент разностного тона второго порядка в канале записи-воспроизведения, %, не более	1
19	Переходное затухание между стереофоническими каналами при записи, дБ, на частотах: 80 Гц 1000 Гц 8000 Гц	-20 -35 -30
20	Коробление ленты, мм, не более	0,01...0,15
21	Сабельность ленты, мм/м	1...4
22	Относительное удлинение ленты под нагрузкой 10 Н (после снятия нагрузки 10 Н)	0,6...1,3 (0,02...0,1)
23	Срок хранения в оптимальных условиях, лет	25...30
24	Количество проигрываний (до появления недопустимо высокого уровня шума)	100
25	Время записи на одной стороне, мин.	45

Выводы по проведенному исследованию и перспективы дальнейших поисков в данном направлении. Характерными особенностями аналоговых магнитных фонограмм, оказывающие влияние на процедуру их реставрации и восстановления являются наличие:

- стабильного равномерного шума в виде “шипения”, по всей длине ленты, определяемого технологией нанесения магнитного слоя, особенно проявляющегося в паузах;
- отдельных импульсных помех в виде щелчков, вызванных коммутационными помехами в моменты включения/выключения режима записи (могут проявляться в начале всей фонограммы и в ее конце, а также в начале и в конце фрагментов фонограммы);
- плавления звука за счет нестабильности движения магнитной ленты, периодическом изменении скорости движения носителя, проявляющиеся в виде детонации;
- характерного модуляционного шума, особенно на верхних частотах, определяемого паразитной амплитудной модуляцией, т.е. неконтактом между носителем и сердечником головки, и флуктуацией перекосов ленты;
- характерного модуляционного шума, особенно на верхних частотах, определяемого неоднородностью частиц магнитного порошка и неравномерностью их распределения в рабочем слое ленты, непостоянстве толщины рабочего слоя по длине – структурный шум (-55...-65 дБ). Уровень структурного шума пропорционален намагниченности ленты. Записанный сигнал модулирован по амплитуде шумом, коэффициент модуляции не зависит от величины сигнала. Модуляционный шум имеет место при наличии сигнала и его уровень может достигать значений -26...-30 дБ для ленты, намагниченной до насыщения;
- слойных потерь, вызванных уменьшением намагничивания глубинных слоев носителя, удаленных от сердечника;
- шума паузы (-45...-55 дБ);
- помех, вызванных недостаточным экранированием магнитной головки;
- характерного шума, вызванного параметрами ГСП, т.е. частотой стирания и подмагничивания;
- неравномерности АЧХ записи из-за неоднородности (нестабильностью) толщины магнитного слоя, неконтакта, перекоса зазора;
- замедления скорости к концу рулона (дрейф скорости);
- копирэффекта ленты в рулоне, зависящего от толщины ленты и уровня записи (-55 дБ);
- НИ, вызванных нелинейностью кривой намагничивания и неправильным (не оптимальным) значением ВЧП;
- волновых потерь за счет самостирания, саморазмагничивания;
- щелевых искажений за счет конечной ширины рабочего зазора головки воспроизведения, не параллельности зазоров головки записи и головки воспроизведения (относительный перекося зазоров), относительного увеличения зазора в процессе истирания рабочей зоны головки;
- зависимости коэффициента передачи сквозного канала записи-воспроизведения от частоты. Это выражается подъемом АЧХ на НЧ и СЧ с крутизной 6 дБ/октава, т.к. головка воспроизведения реагирует на скорость изменения магнитного потока фонограммы, т.е. ЭДС пропорциональна частоте. На ВЧ крутизна уменьшается, а затем АЧХ имеет спад, что обусловлено размерами и магнитными свойствами головок и лент, расположением носителя относительно головок;
- аддитивных помех, вызванных переходными помехами из-за влияния полей соседних дорожек записи, внешними помехами из-за влияния полей рассеяния электродвигателей и трансформаторов, собственными помехами усилителей;
- увеличения НИ носителя записи на НЧ;
- увеличения НИ за счет насыщения сердечника головки записи при слишком большом токе записи;
- случайных выпадений из-за неконтакта, осыпания магнитного слоя, наличия комочков магнитного слоя, пылинки между головкой и лентой.

Предлагаемый подход к анализу особенностей магнитной записи целесообразно распространить и на другие виды носителей аудиосигналов, подлежащих восстановлению, в первую очередь носителей цифровой магнитной звукозаписи.

Возможность получения звукоряда для восстановления аудиосигналов, представленных в цифровой форме записи на магнитную ленту требует соответствующего технологического оборудования, номенклатура которого зависит от выбранного формата записи. Как отдельную проблему можно выделить реставрацию и восстановление аудиосигналов, записанных на магнитную пленку или диск, в мультимедийном контенте, например, на видео пленке. Разнообразие форматов, влияющих на тип кодирования, расположение звуковых дорожек на пленке, различные размеры как магнитной пленки (например, ширина) так и самих кассет, а также влияние непреднамеренных помех в тракте передачи сигнала требуют углубленных исследований с целью совершенствования процедуры автоматизации реставрации и восстановления.

При этом желательно учитывать влияние методов обработки наряду с информативностью на такие специфические характеристики аудиосигналов, как насыщенность, прозрачность звучания, объемность и т.п.

Литература

1. Ширмер Т. Оцифровка и реставрация грампластинок, магнитофонных пленок и аудиокассет / Т. Ширмер, А. Хайн ; пер. с нем. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 240 с.
2. Мустафин А. М. Реставрация фонограмм с аудиоленты. Часть 1. Выбор аппаратуры и подготовка кассет [Электронный ресурс] / А. М. Мустафин // – Режим доступа : <http://cjcjcity.ru/content/restavracia.php> : (14.04.2015)
3. Лауфер М. В. Теоретические основы магнитной записи на движущийся носитель / М. В. Лауфер, И. А. Крыжановский. – Київ : Вища школа, 1982. – 270 с.
4. Гитлиц М. В. Магнитная запись сигналов / М. В. Гитлиц. – Москва : Радио и связь, 1990. – 226 с.
5. Мустафин А. М. Реставрация (ремастеринг) фонограмм. Часть 2 [Электронный ресурс] / А. М. Мустафин // – Режим доступа : <http://cjcjcity.ru/content/restavracia2.php> (14.04.2015)
6. Антонов Л. Реставрация фонограмм – принципы и технология / Л. Антонов // Звукорежиссер. – 2001. – № 8.
7. Кинг Г. Руководство по звукотехнике / Г. Кинг. – Ленинград: Энергия, 1980. – 384 с.
8. Травніков Є. М. Системи та пристрої ресстрації інформації / Є. М. Травніков, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський, В. М. Співак, В. Б. Швайченко – Київ : Кафедра 2013. – 216 с.
9. Кудинов А. А. Использование распознавания образов для обработки и восстановления музыкальных сигналов: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.12.04: Москва, 2003 180 с. РГБ ОД, 61:03-5/3066-6 [Электронный ресурс] // – Режим доступа : <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/57331.html> (14.04.2015)
10. Антонов В. И. Справочник по технике магнитной записи / В. И. Антонов, В. П. Веклич, Л. П. Водяницкий и др.; под ред. О. В. Порицкого, Е. Н. Травникова. – Київ: Техніка, 1981. – 319 с.
11. Пол Уайт. Реставрация магнитных лент [Электронный ресурс] / Пол Уайт // – Режим доступа : <http://unisonrecords.org/node/104> (14.04.2015)
12. Магнитофоны бытовые. Общие технические условия // ГОСТ 24863-87. – Москва : Издательство стандартов, 1989.

Дата надходження в редакцію: 12.03.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Ю. Г. Савченко