

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ИМПУЛЬСНО-КODOVOM ПРЕОБРАЗОВАНИИ НА ИСКАЖЕНИЯ СИГНАЛА НА ВХОДЕ КОДЕРОВ С КОМПРЕССИЕЙ АУДИОДАНЫХ

*Рассмотрено влияние селективных цепей цифроаналоговых преобразователей при первичном импульсно-кодovом преобразовании на искажения сигнала на входе кодеков с компрессией аудиоданных.*

*Ключевые слова: компрессия аудиоданных, искажения сигнала, цифроаналоговые преобразователи, аналого-цифровые преобразователи, групповое время запаздывания.*

В психоакустических моделях стандартов MPEG не учтены механизмы временной маскировки сигналов, пространственной демаскировки источников звука, составляющих стереопанораму как по фронту, так и по глубине, и особенности восприятия реверберационных составляющих стереофонических сигналов. Именно эти механизмы пространственного слуха играют наиболее важную роль при стереовоспроизведении, определяя восприятие основных признаков качества стереофонического звучания, таких как пространственное восприятие, прозрачность звучания, естественность и богатство тембров инструментов и голосов, восприятие акустической атмосферы первичного помещения (концертный зал, студия) и т. п. Это приводит к снижению качества звучания, которое отчетливо отмечается слушателями.

Однако необходимо учитывать, что цифровые аудиосигналы поступают на вход кодера с компрессией после импульсно-кодovого (ИКМ) преобразования, при этом качество преобразования подразумевается идеальным. В ряде работ, например [1], показано влияние ошибок квантования на звучание аудиосигналов, записываемых или передаваемых с компрессией аудиоданных.

При цифровых методах звукозаписи, а также при организации цифрового звукового вещания существенное влияние на обеспечение высоких качественных показателей оказывают селективные устройства аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразований ИКМ.

Так, на входе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и на выходе цифроаналогового преобразователя (ЦАП) расположены фильтры нижних частот (ФНЧ), ограничивающие спектр входных частот и устраняющие высокочастотные составляющие выходного сигнала.

Подавление сигнала ФНЧ на частоте, равной половине частоты дискретизации, должно быть не менее 60 дБ. Крутизна ската ФНЧ получается при этом очень высокой, поэтому требуются фильтры высокого порядка. Но такие фильтры имеют значительные недостатки, главным из которых является нелинейная фазовая характеристика, что приводит к заметным на слух искажениям аудиосигналов, проявляющимся в потере прозрачности звучания.

В аудиотехнике наибольшее распространение получили фильтры Баттерворта и Чебышева.

Авторами были получены зависимости порядка ФНЧ Баттерворта  $N_b$  и Чебышева  $N_c$  от требуемого затухания  $A_{\min}$  на граничной частоте полосы непропускания  $f_{гр.п.н}$  при допустимой неравномерности в полосе пропускания  $A_{\max} = 0,5$  дБ для типичных АЦП-случаев (рис. 1):

- для сигналов звукового вещания (ЗВ) по высшему классу качества ( $f_b = 15\ 000$  Гц,  $f_{гр.п.н} = 16\ 000$  Гц);
- для аудиосигналов при звукозаписи ( $f_b = 20\ 000$  Гц,  $f_{гр.п.н} = 24\ 000$  Гц).

Расчеты проводились в программной среде MathCAD.

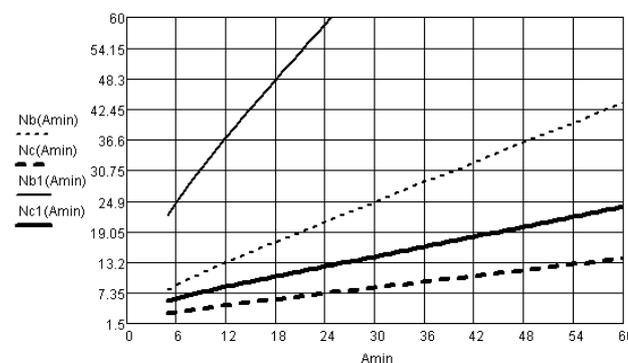


Рис. 1. Зависимости порядка фильтров Баттерворта ( $N_b$ ) и Чебышева ( $N_c$ ) от  $A_{\min}$ : - - - - для сигналов ЗВ; — — — — для случая звукозаписи

На основании графиков (см. рис. 1) можно сделать вывод, что для получения требуемого затухания 60 дБ на граничной частоте полосы непропускания в первом случае требуется фильтр примерно 124-го порядка, а во втором случае – более 42-го. Такие фильтры в аналоговой схемотехнике нереализуемы.

Расчеты также показывают, что при использовании для случая звукозаписи фильтров Чебышева и Баттерворта потребуются фильтры 12-го и 42-го порядка соответственно. Но в аналоговой схемотехнике реализуются фильтры не выше 6...8-го порядка.

В качестве критерия линейности фазовой характеристики может выступать изменение группового времени запаздывания  $\tau_{гр}$ , которое нормируется рекомендациями МККР и МККТТ и отечественным стандартом ГОСТ 11515–91 для каналов звукового вещания. При этом следует отметить, что требования, предъявляемые к звукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуре, должны быть более жесткими, чем требования к каналу.

Авторами были получены зависимости группового времени запаздывания для фильтра Баттерворта 42-го порядка (рис. 2) и фильтра Чебышева 12-го порядка (рис. 3), где по оси абсцисс отложена нормированная частота  $w$ , причем  $w = 1$  соответствует граничной частоте полосы пропускания.

Расчеты показывают, что неравномерность группового времени запаздывания в полосе пропускания достигает 40 мс для фильтра Баттерворта и 73 мс для фильтра Чебышева. Такая неравномерность существенно искажает первичный аудиосигнал, т. е. сигнал на входе фильтра.

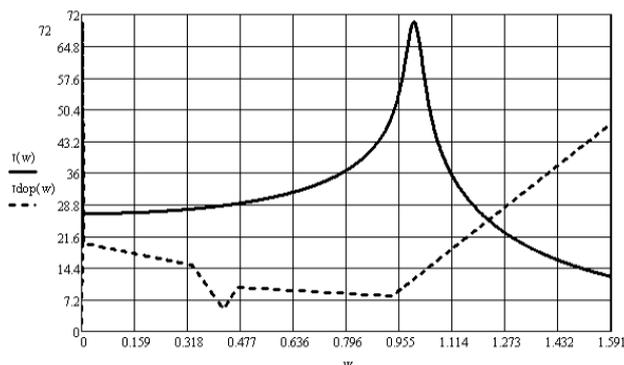


Рис. 2. Зависимость группового времени запаздывания фильтра Баттерворта от нормированной частоты  $\tau(w)$  и нормы  $\tau_{dop}(w)$  на допустимое запаздывание

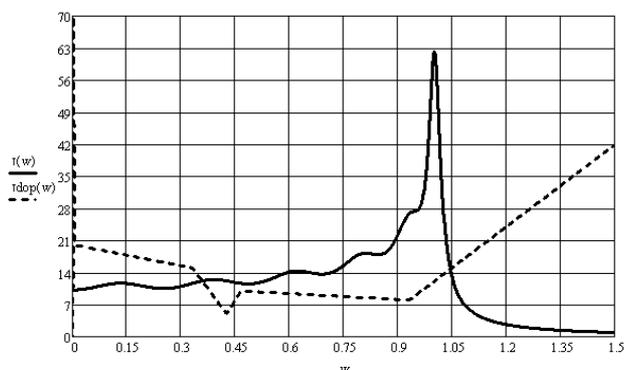


Рис. 3. Зависимость группового времени запаздывания фильтра Чебышева от нормированной частоты  $\tau(w)$  и нормы  $\tau_{dop}(w)$  на допустимое запаздывание

Известным методом решения данной проблемы является использование ИКМ-кодеров (декодеров), в которых АЦП (ЦАП) работают на повышенной частоте, что позволяет значительно снизить требования к крутизне ската и, соответственно, к порядку аналогового ФНЧ, осуществляющего предварительную фильтрацию первичного сигнала. При таком методе основное затухание на граничной частоте полосы не пропускается обеспечивается цифровым фильтром.

При выборе структуры цифрового фильтра предпочтение следует отдать нерекурсивным фильтрам. Основным преимуществом таких фильтров является возможность получения линейной фазочастотной характеристики. В этом случае при определении требований и порядка аналогового ФНЧ наряду с предварительной фильтрацией необходимо ориентироваться на обеспечение требуемой неравномерности группового времени запаздывания в полосе пропускания фильтра (рис. 4, 5).

Для нерекурсивных фильтров Баттерворта неравномерность в полосе пропускания не превышает 3,5 мс для фильтра 8-го порядка [2]. При этом обеспечивается рабочее затухание на граничной частоте полосы не пропускаемого  $A_{pmin} = 5$  дБ для условий цифровой передачи сигналов звукового вещания и  $A_{pmin} = 13$  дБ для случая цифровой звукозаписи.

Для ФНЧ Чебышева возможно использование фильтров 6-го порядка, у которых неравномерность по групповому времени запаздывания в полосе пропускания не превышает 11 мс, что с учетом свойств человеческого слуха вполне приемлемо. Кроме того, в этом ФНЧ практически выполняются требования ГОСТ 11515–91. При этом ФНЧ обеспечивает  $A_{pmin} = 28$  дБ для условий звукозаписи и  $A_{pmin} = 10$  дБ для случая передачи сигналов звукового вещания.

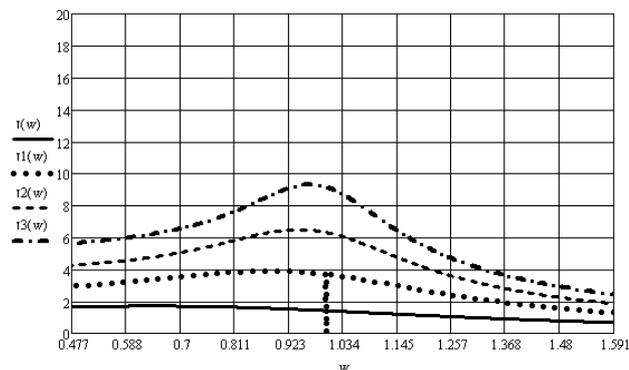


Рис. 4. Зависимость группового времени запаздывания от нормированной частоты  $w_b = 1$  для ФНЧ Баттерворта 2-го ( $\tau_1(w)$ ), 4-го ( $\tau_2(w)$ ), 6-го ( $\tau_3(w)$ ) и 8-го ( $\tau_4(w)$ ) порядков

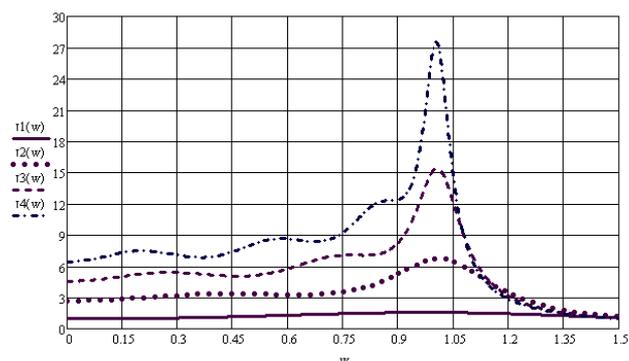


Рис. 5. Зависимость группового времени запаздывания от нормированной частоты  $w_b = 1$  для ФНЧ Чебышева 2-го ( $\tau_1(w)$ ), 4-го ( $\tau_2(w)$ ), 6-го ( $\tau_3(w)$ ) и 8-го ( $\tau_4(w)$ ) порядков

Таким образом, улучшить качественные показатели воспроизводимых сигналов при цифровой передаче сигналов звукового вещания и цифровой записи в кодерах с компрессией аудиоданных, помимо совершенствования самих алгоритмов компрессии, можно также и за счет уменьшения влияния первичного ИКМ-преобразования.

Одним из факторов, от которых зависит качество этого преобразования, является наличие селективных устройств (аналоговых и цифровых ФНЧ), у которых групповое время распространения зависит от частоты. Использование нерекурсивных цифровых фильтров позволяет не рассматривать их влияние на групповую задержку сигнала ввиду возможности получения линейной фазочастотной характеристики.

Авторами получены зависимости группового времени запаздывания от частоты для аналоговых ФНЧ Баттерворта и Чебышева, осуществляющих предварительную фильтрацию в ИКМ-преобразователях. Приведены рекомендации по выбору аналоговых ФНЧ в соответствии с требованиями ГОСТ 11515–91 для электрического канала звукового вещания по допустимому групповому времени запаздывания.

**Библиографический список**

1. Вологдин, Э. Как возникают и звучат ошибки квантования / Э. Вологдин // Звукорежиссер. 2006. С. 28–41 ; 2007. С. 32–40.

2. Оболонин, И. А. Оценка влияния аналого-цифрового преобразования на искажения при компрессии цифровых аудиоданных / И. А. Оболонин // Вестн. Сиб. гос. ун-та телекоммуникаций и информатики : сб. науч. тр. / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. Новосибирск, 2008. № 2. С. 67–71.

I. A. Obolonin, N. A. Rygovskaya

**FILTRATION INFLUENCE ANALYSIS AT PRIMARY PULSED-CODE CONVERSION ON INPUT SIGNALS DISTORTION OF CODERS WITH AUDIO DATA COMPRESSION**

*The influence of selective circuits of digital-analogue converters at primary pulsed-code conversion on input signal distortion of coders with audio data compression is considered.*

*Keywords: audio data compression, signal distortion, digital-analogue converters, analogue-digital converters, group delay time.*

УДК 539.21; 537.86

S. S. Aplesnin, A. I. Moskvina, N. I. Piskunova

**SIMULATION OF THE MAGNETIC STRUCTURE UPON ORDERING  $e_g$  ORBITALS TO THE QUASI-ONE- AND QUASI-TWO-DIMENSIONAL MAGNETS BY QUANTUM MONTE CARLO METHOD<sup>1</sup>**

*The exchange mechanism influence on the electrons ordering on  $e_g$  orbitals in a chain and in a two-dimensional Heisenberg model with exchange anisotropy for a  $S = 1/2$  spin is determined by a quantum Monte Carlo method. The existence regions of a long-range quasi-one- and two-dimensional antiferromagnetic order with the special exchange topology are determined. The plateau existence region in the field dependence of magnetization, as well as the wave vector of the magnetic structure modulation with  $Q = \pi/2$  in the (magnetic field – exchange alternating) plane, is determined.*

*Keywords: alternation of exchange, orbital and magnetic ordering, stripes.*

Magnetic materials with double orbital quasi-degeneration are characterized not only by spin-dependent interactions, but also by the dependence of the exchange integral on the mutual position of the orbitals. The interplay of spins with the charge-orbital ordering changes not only magnetic properties, but also transport characteristics, for example, gives rise to giant magnetoresistance in manganites. The orbital ordering forms a quasi-low-dimensional structure in  $\text{KCuF}_3$  [1] and two-dimensional antiferromagnetic in  $\text{NH}_4\text{CuCl}_3$  [2] at low temperatures.

When studying the ground state and low-temperature effects in low-dimensional systems, one should remember that the quantum fluctuations in a spin system are of significant importance and, in the case of the strong interaction of spins with orbitals through the exchange interaction, it must be taken into account that the hopping integrals between the neighboring  $3d$  ions depends on both the orbital type and on the mutual position of the sites, because the electron-density distribution is not spherically symmetric.

The interrelation between the spin order and orbital ordering is clearly illustrated in a Kugel’-Khomskiy model [1] for the Hamiltonian of perovskites ( $e_g$  ions at the sites of a simple cubic lattice), which is obtained from the multi-electron Hamiltonian with the same exchange parameters  $J = 4t^2/U$ , where  $t$  is the hopping integral and  $U$  is the Coulomb-repulsion parameter at the site between the  $d_{z^2} - d_{x^2-y^2}$  and  $d_{x^2-y^2} - d_{x^2-y^2}$  orbitals.

The physical origin of this peculiar situation is the strong spatial anisotropy of the  $e_g$  orbital wave functions. This type of the orbital ordering provides the largest energy gain due to the quantum spin fluctuations. An orbital flip modulates strength of the neighboring exchange bond and causes the existence of the strong antiferromagnetic exchange interaction directed along the overlap of the orbitals with strong space anisotropy of the exchange interactions that are typical of the quasi-one-dimensional system under the condition of the presence of a gap in an orbital excitation spectrum.

<sup>1</sup> This work was supported by the Russian Basic Research Foundation (RFFI–BRFFI, project No. 08-02-90031 Bela), RFFI (project No. 09-02-00554-a).