

Список джерел

1. Hough P.V.C. Method and Means for Recognizing Complex Patterns. - U.S. Patent 3069354, 1962.
2. Донченко В.С., Кириченко М.Ф. Перетворення Гоку та псевдообернення. // Вісник Київського університету, серія "фізико-математичні науки", випуск №4, 2001, сс.191-196.
3. Кириченко Н.Ф. Аналитическое представление возмущенной псевдобротных матриц // Кибернетика и системный анализ. - 1997, №2, с.98-107.
4. Альберт А. Регрессия, псевдоинверсия, рекуррентное оценивание. - М.: Наука, 1977 г., 305 с.
5. Кириченко Н.Ф., Лепеха Н.П. Возмущение псевдоинверсных и проекционных матриц и их применение к идентификации линейных и нелинейных зависимостей // Проблемы управления и информатики. - №1, 2001, с.6-23.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ГРУПОВОГО СИГНАЛУ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ МОДЕМАХ

Чумак О.І., Лесна Н.М., Київський університет зв'язи

Розглянуто одну з важливих особливостей багатоканальних модемів - відносно інваріантність їх завадостійкості до форми АФЧХ каналу зв'язку. Запропоновано методику оптимізації вибору параметрів багатоканального модему.

Бурхливий розвиток інформатизації у світі сприяв і визначив передумови створення платформи концепції "інформаційної супермагістралі". Проблеми телекомунікацій стають більш необхідні широкому колу людей, оскільки глобальна доступність до розмаїття інформації та її оперативність багато в чому обумовлює не тільки рівень, але і саме існування вільного суспільства. Питання, пов'язані з модемними технологіями, як складовою частиною "магістралі", є важливим аргументом для телекомунікаційних мереж нашої держави.

Основною проблемою високошвидкісної передачі провідними каналами тональної частоти (ТЧ) є подолання невизначеності частотних характеристик, зумовлених неможливістю апріорного виміру цих характеристик (наприклад, в комутованій мережі, або зміною характеристик за часом).

Багатоканальні модеми (БМ) відомі, добре зарекомендували себе в каналах з розсіюванням. Вперше такі модеми стали застосовувати в телефонних радіоканалах декаметрового діапазону, оскільки їм властива довга послідовність, яка дозволяє ефективніше

послабити вплив багатопроменевості на завадостійкість прийому, і разом з тим, забезпечити високу сумарну швидкість передачі. Ці переваги зумовили БМ одержати значний розвиток на провідних каналах ТЧ: довга послідовність при порівняно високій стійкості відносно імпульсних завад і переривань. Крім того; у БМ параметри сигналу, виходячи з припустимих відхилень амплітудно-частотних і фазо-частотних характеристик (АФЧХ) каналу ТЧ, вибираються такими, щоб модем був нечутливим (інваріантним) до цих відхилень, чим би вони не були зумовлені (такий підхід називається інваріантним).

Таким чином, однією з важливих особливостей багатоканальних модемів є відносна інваріантність їх завадостійкості до форми АФЧХ каналу зв'язку, що дозволяє або зовсім відмовитися від коректування АФЧХ, або обмежитися застосуванням простих фазових коректорів, котрі забезпечують зниження нерівномірності групового часу затримки (ГЧЗ) до величини типових для одного чи декількох переприйомних ділянок.

Міжканальну величину N , що забезпечує модему зазначену вище властивість відносної інваріантності, можна визначити з результатів розрахунку потужності міжканальної перехідної завади (МПЗ), що виникає через неідеальність АФЧХ каналу.

Нижче наведено методику розрахунку потужності МПЗ, викладено методику визначення числа підканалів і інших параметрів багатоканальних модемів, призначених для роботи за стандартними каналами ТЧ із різним числом переприйомів по НЧ.

При розрахунках вважаються фіксованими;

Δf - смуга пропуску каналу;

V – швидкість передачі повідомлення;

$K \geq V / \Delta f$ (K - ціле) – кратність модуляції.

Для кожного числа переприйомних ділянок установлені та визначені норми допустимої нерівномірності АЧХ. При розрахунку необхідно для різного числа переприйомних ділянок використовувати для даної кількості переприйомів. Зі збільшенням кількості переприйомів нерівномірність АЧХ відповідно збільшується. Для переходу до ФЧХ використовувалася наступна апроксимація для однієї переприйомної ділянки:

$$\psi(\omega) = 1,57 \left\{ \sin \left[2\pi \frac{(\omega - \omega_n)}{(\omega_s - \omega_n)} \right] + \frac{3,8(\omega - 1900 \cdot 2\pi)}{(\omega_s - 1900 \cdot 2\pi)} \right\}. \quad (1)$$

Для L переприйомних ділянок $\psi(\omega) = L \cdot \psi$, де L – кількість переприйомів ($L=1,2\dots5\dots5$):

ω – значення поточної частоти;

$\omega_s = 3400$ Гц – значення ВЧ;

$\omega_n = 300$ Гц – значення НЧ.

У N – каналному модемі тривалість тактового інтервалу:

$$\tau = KN / V. \quad (2)$$

Для зменшення міжканальних завад і міжсимвольних завад (МСЗ) перехідні процеси, що виникають на границях тактових інтервалів, частково вилучаються в демодуляторі введенням захисного інтервалу:

$$\Delta\tau_3 = \tau - T = \tau - 1/\Delta F = \tau - \frac{1}{\Delta F}, \quad (3)$$

де ΔF – відстань між піднесучими групового сигналу модему, $T = 1/\Delta F$ – тривалість обробки сигналу в демодуляторі.

Припускаючи ефективне використання смуги частот

$$F_{ef} \approx (N+1) \cdot \Delta F \quad (4)$$

і ввівши обмеження $F_{ef} \leq \Delta\phi$, приходимо до наступних нерівностей, що визначають області можливих значень параметрів модему:

$$0 \leq \Delta\tau_3 \leq \frac{k \cdot \Delta f - V}{\Delta f \cdot V} \cdot N - \frac{1}{\Delta f},$$

$$\frac{V}{k \cdot N} \leq \Delta F \leq \frac{\Delta f}{N+1}, \quad \frac{k \cdot N}{V} \geq T \geq \frac{N+1}{\Delta f}, \quad (5)$$

$$\frac{k \cdot \Delta f - V}{k} - \frac{V}{k \cdot N} \geq \Delta f_3 \geq 0,$$

де $\Delta f_3 = \Delta f - f_{ef}$ – “частотний” захисний інтервал.

З приведених нерівностей (5) видно, що за інших рівних умов збільшення N дозволяє одночасно збільшити захисні інтервали і за частотою ($\Delta\phi_3$) і за часом ($\Delta\tau_3$).

При фіксованому N потужність МПЗ не буде монотонно зменшуватися з ростом $\Delta\tau_3$, тому що при цьому зростає ΔF_{ef} і наближає крайні піднесучі канали, до границь лінії, тобто зменшує $\Delta\varphi_3$. Тому для будь-якого N існує оптимальна тривалість $\Delta\tau_3$ (чи N), при якій потужність МПЗ мінімальна.

На L -му тактовому інтервалі груповий сигнал на виході модулятора:

$$S_l(t) = \sum_{n=1}^N S_{n,l}(t) = \sum_{n=1}^N a_{n,l} \cos\left[\left(n + \frac{n_0}{2}\right)2\pi \cdot \Delta Ft + \varphi_{n,l}\right], \quad (6)$$

$$l\tau - \frac{\tau}{2} \leq t \leq l\tau + \frac{\tau}{2},$$

де $a_{n,l}$, $\varphi_{n,l}$ - відповідно постійна амплітуда і початкова фаза, n_0 - ціле - визначає положення піднесучих смуги пропускання каналу і вибирається таким, щоб виконувалися нерівності:

$$F_1 = \left(n_1 + \frac{n_0}{2}\right)\Delta F > 300 \Gamma\text{ц}, \quad (7)$$

$$F_w = \left(n_w + \frac{n_0}{2}\right)\Delta F > 3400 \Gamma\text{ц},$$

$$\text{де } n_1 = 1, n_w = N$$

Багаточастотність модему і використання шаблонів АЧХ і ГЧЗ приводять до спектрального методу розрахунку потужності МПЗ, а орієнтування на ЕОМ - до необхідності подання групового сигналу як періодичного - з періодом більшим ніж тривалість перехідних процесів. Розрахунки МПЗ проводилися для послідовності одиночних прямокутних імпульсів групового сигналу з періодом $T_n \gg \tau_{nn}$, τ - тривалість тактового інтервалу.

Компоненти міжканальної завади, що наводиться сигналом $S_{\tilde{n}}(t)$ у m -ий частотний підканал обчислювалися додаванням:

$$Z_{c,m}(\tilde{n}) = \sum_{k=1}^{\infty} Z_{c,m}(\tilde{n}, k); \quad (8)$$

$$Z_{s,m}(\tilde{n}) = \sum_{k=1}^{\infty} Z_{s,m}(\tilde{n}, k).$$

Для кількісної оцінки впливу МПЗ розраховується величина:

$$\xi_m = \frac{1}{Z_0} \sqrt{\sum_{\tilde{n}=N_1}^{N_1} (Z_{s,m}^2(\tilde{n}) + Z_{c,m}^2(\tilde{n}))}, \quad (9)$$

де: $\tilde{n} = 1, N$, а 0 біля знаку \sum_0 означає виключення доданка з $\tilde{n} = m$.

$$Z_0 = \sqrt{Z_{c,m}^2(m) + Z_{s,m}^2(m)}. \quad (10)$$

Значення ξ_m як функції $\Delta\tau_3$ обчислені на ЕОМ для різних N і різного числа переприйомних ділянок.

Розрахунки проводилися при наступних додаткових умовах:

- 1) $V=9600$ біт/с, $\Delta f=3100$ Гц, $K=4$;
- 2) $t_0 = -T/2$, що відповідає симетричному розташуванню інтервалу обробки сигналу в демодуляторі відносно початку і кінця імпульсу на вході каналу;
- 3) початкові фази в (5) $\varphi_{i,n}$ покладалися рівними нулю.

Застосована в розрахунках енергетична оцінка МПЗ повинна бути інваріантна до вибору початкових піднесучих фаз $S(t)$.

Як і слід було очікувати, найбільш чутливими є канали, розташовані поблизу границь смуги пропускання тракту.

Це пояснюється властивостями характеристики частотних спотворень, внесених трактом: а саме, на границях смуги пропускання тракту нелінійність фазо-частотної і амплітудно-частотної характеристики різко зростає.

Якщо тривалість перехідних процесів перевищує величину захисного інтервалу і встановлення сигналу відбувається під час його обробки демодулятором, то розфільтровка групового сигналу супроводжується перехідною завадою, що виникає через порушення ортогональності каналних сигналів.

Відзначимо, що при виборі параметрів модему, зокрема, величини N , необхідно забезпечити, щоб міжсимвольна завада (МСЗ) на фоні інших завод не впливала помітно на заводостійкість. Як відомо, рівень групового сигналу на виході ТЧ каналу ≈ -10 дБ. Допустимий рівень шуму ≈ 40 дБ. При $\xi_m \approx 1\%$ МПЗ практично

непомітна на фоні шуму каналу, тому МПЗ дорівнює ≈ 3 дБ. Для чотириразової амплітудно-фазорізницевої модуляції (АФРМ) величина h^2 , при якій $P_k \leq 10^{-6}$, складає ≈ 25 дБ.

Наприклад, якщо вважати допустимою $\xi_m = 3\%$, то як впливає з розрахунків при $N=24$ прийнятний рівень МПЗ без коректування АФЧХ може забезпечуватися при наявності в каналі не більше 1 переприйому.

Якщо $N=96$, то така ж властивість модему забезпечується при наявності в каналі до 5 переприйомів.

Використання постійного фазового коректора дозволяє зменшити кількість підканалів у модемі. Так, наприклад, якщо коректор забезпечує залишкові нерівномірності АЧХ і характеристики групового часу запізнення (ГЧЗ) не гірші, ніж у каналі з двома змінами, норма на величину ξ_m забезпечується при виборі $N \geq 48$.

Таким чином, на підставі отриманих результатів, можна запропонувати наступну методику вибору параметрів багаточастотного модему:

1. Вибирається припустима величина $1/\xi_m$ - відношення сигнал/шум і граничні нерівномірності АЧХ і характеристики ГЧЗ, обчислювальні кількістю залишкових переприйомів.

2. Знаходимо величину часового захисного інтервалу $\Delta\tau_3$, що забезпечує необхідну ξ_m .

3. Розраховуються величини $\tau, T, \Delta F, \{\varphi_i\}$, при $i=1, 2, \dots, N$.

Список літератури:

1. Гинзбург В.В., Гиршов В.С., Окунев Ю.Б. Использование многоканальных модемов для высокоскоростной передачи дискретной информации. – Электросвязь, 1984, №10.
2. Блейхман В.С. и др. Использование многоканального УПС-9,6 для организации дискретного канала в мультиплексных телеграфных системах – Электросвязь, 1985, №7.
3. Беркман Л.Н., Гиршов В.С., Слизская Т.В. Оптимизация параметров многоканального модема по критерию мощности межканальных помех. – В-Сб.: Научные труды ЦНИИС. Сер. Системы и средства передачи дискретной информации, 1987.
4. Фролов А.В., Фролов Г.В. Модемы и факс-модемы. - Москва: «Диалог-МИФИ», 1995. - 288 с.
5. Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Пезенцали Г.А. Возможности использования методов многоканальной модуляции для сетей доступа //Зв'язок.-2000.-№4.-С. 43-48.