

Тема 5. Параметри каналів зв'язку

5.1 Рівні сигналів в каналі зв'язку.

5.2 Діаграма рівнів для комутованого каналу ТЧ.

5.3 Частотні характеристики каналу.

5.4 Амплітудна характеристика каналу.

5.1 Рівні сигналів в каналі зв'язку

Для організації обміну і передачі даних в автоматизованих інформаційних системах, телекомунікаційних системах та інформаційних мережах широко використовуються стандартні канали тональної частоти (ТЧ), а також кабельні лінії міської телефонної мережі. Канали ТЧ призначались для організації телефонного зв'язку між абонентами одного міста або різних населених пунктів і не враховували особливості передачі дискретних повідомлень. Параметри каналів, які практично не впливали на якість передачі телефонних повідомлень, помітно погіршують якість передачі дискретної інформації, особливо при передачі 2400 біт/с і більше. Тому при проектуванні АПД по телефонним КЗ необхідно враховувати їх особливості, щоб забезпечити затребувану якість передаваної інформації.

Характеристики КЗ

Відносний рівень сигналу: по потужності, напрузі та струму (дБ)

$$\begin{aligned} p_{\text{м}} &= 10 \lg (P_x / P_{\text{исх}}), & \text{де } P_x, U_x \text{ і } I_x & - \text{ потужність, напруга і струм в вимірюваній} \\ p_{\text{н}} &= 20 \lg (U_x / U_{\text{исх}}), & \text{точці } x; P_{\text{исх}}, U_{\text{исх}} \text{ і } I_{\text{исх}} & - \text{ потужність, напруга і струм в} \\ p_{\text{т}} &= 20 \lg (I_x / I_{\text{исх}}), & \text{точці каналу, прийняту за вихідну.} \end{aligned}$$

Якщо в якості вихідних $P_{\text{исх}} = 1$ МВт, $U_{\text{исх}} = 0,775$ В і $I_{\text{исх}} = 1,29$ мА, то такі рівні мають назву *абсолютних*. Напруга та струм у такому випадку визначаються для опору $R_{\text{н}} = 600$ Ом. Якщо опір навантаження не рівно 600 Ом, тоді вихідні значення напруги та струму визначають як

$$U_{\text{исх}} = \sqrt{10^{-3} R_{\text{н}}}; \quad I_{\text{исх}} = \sqrt{10^{-3} / R_{\text{н}}}.$$

5.1 Рівні сигналів в каналі зв'язку

Вимірювальний рівень сигналу – абсолютний рівень у даній точці, коли рівень на виході каналу 0 дБ. Перехід від відносних до абсолютних простий:

$$P_x = P_{\text{нск}} 10^{0,1p_{\text{н}}}; \quad U_x = U_{\text{нск}} 10^{0,05p_{\text{н}}}.$$

Величина $a = 10 \lg (P_{\text{вх}}/P_x) = 20 \lg (U_{\text{вх}}/U_x)$ загасанням ділянки лінії зв'язку. Співвідношення між рівнями на вході $p_{\text{вх}}$ і виході $p_{\text{вих}}$ каналу визначає його **остаточне загасання**:

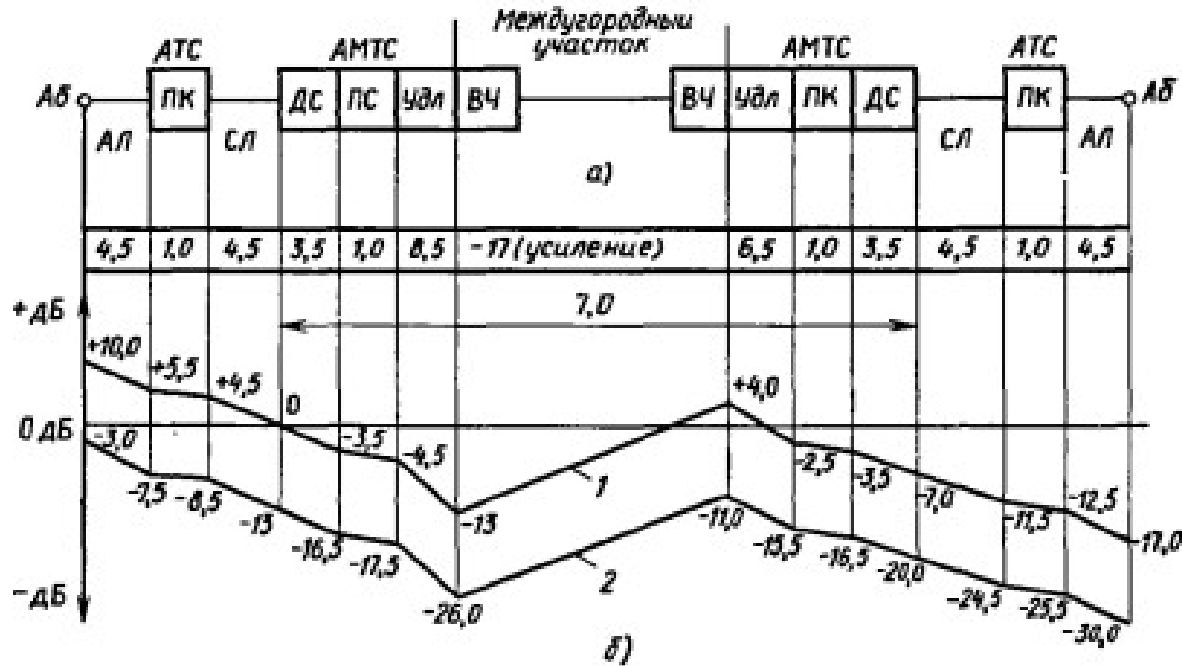
$$a_{\text{ост}} = p_{\text{вх}} - p_{\text{вих}} = 10 \lg (P_{\text{вх}}/P_{\text{вих}}).$$

Загальне загасання кабельної лінії довжиною l_k дорівнює $a_k = \alpha l_k$, де α_n [дБ/км] – загасання одиниці довжини лінії. Якщо КЗ складається з i ділянок, які вносять загасання a_i , та j ділянок з підсиленням S_j , то остаточне загасання усього каналу обчислюється по формулі:

$$a_{\text{ост}} = \sum_i a_i - \sum_j S_j, \quad \text{де } S_j = 10 \lg (P_j/P_{j\text{вх}}) \text{ – підсилення } j\text{-ої ділянки.}$$

Для підвищення завадостійкості сигналів необхідно збільшувати рівень передачі. Однак граничний рівень на вході стандартних каналів жорстко нормується, так як перевищення потужності сигналів може привести до перевантаження та виходу з ладу каналоутворюючої апаратури. Наприклад, граничний рівень сигналів передачі даних для каналів ТЧ в точці нульового вимірювального рівня (встановленого для передачі сигналів телефонних повідомлень) повинен складати 32 мкВт (-15 дБ), хоча в окремих випадках дозволяється -13 дБ.

5.2 Діаграма рівнів для комутованого каналу ТЧ



а) – схема комутованого каналу ТЧ з міжміською лінією зв'язку;
 б) – діаграма рівнів для сигналів телефонних повідомлень 1, сигналів передачі даних 2.

Мережа лінійних споруд МТМ складається із з'єднувальних ліній СЛ та абонентських ліній АЛ. Через СЛ з'єднуються між собою вузли комутації МТМ. Абоненти зв'язані з вузлами комутації за допомогою АЛ. Сигнали від АПД, яка є абонентом телефонної мережі, по абонентській двопровідній фізичній лінії АЛ подаються на АТС, проходять через прилади комутації ПК і далі по з'єднувальним лініям СЛ поступають на АМТС. Диференціальна система ДС здійснює перехід з двопровідної СЛ міської АТС на чотирьохпровідне закінчення міжміської станції АМТС. Для узгодження рівнів сигналів на виході приладів комутації ПК з високочастотною системою передачі ВЧ застосовується узгоджувач Удл.

5.3 Частотні характеристики каналу

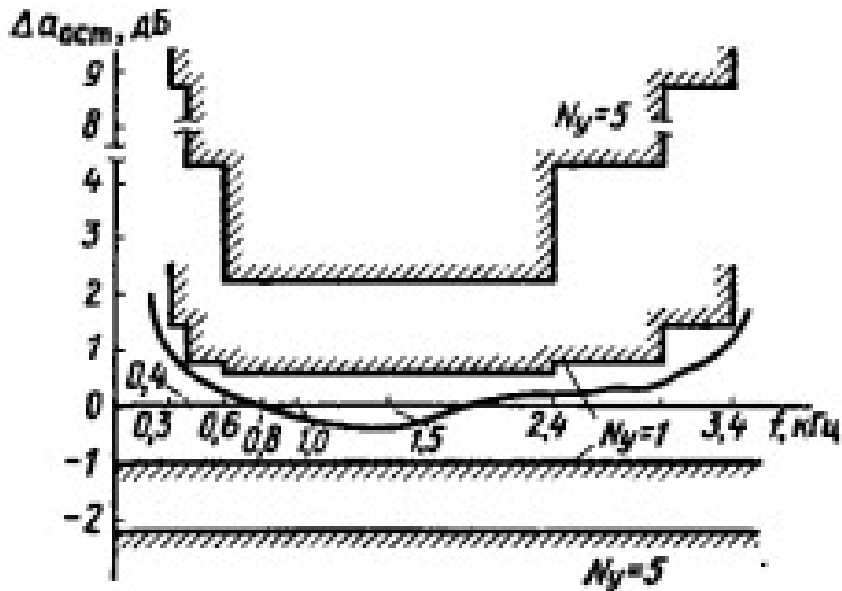
В наслідок великого навантаження каналу (тривала передача даних) вихідний рівень сигналів даних для каналів ТЧ встановлюється на 13 або навіть 15 дБ нижче рівня сигналів, чим при телефонній передачі. При визначенні рівнів сигналів за точку номінального відносного рівня передачі приймається двопровідний вхід стандартного каналу ТЧ (вхід ДС). Номінальний відносний рівень передачі на частоті 800 Гц в цій точці є 0 дБ. В чотирьохпровідній ділянці стандартного каналу ТЧ номінальний відносний рівень повинен бути -13 дБ, а рівень прийому (на виході каналу) +4 дБ.

Як видно з приведеної діаграми рівнів, загасання міської ділянки не повинно перевищувати 10 дБ, а загальне загасання між абонентами складає 27 дБ.

Якість передачі дискретної інформації залежить від частотних характеристик каналу, чим вище швидкість передачі, тим сильніше ця залежність. До частотних характеристик каналу відносяться амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) і фазочастотна характеристика (ФЧХ). АЧХ задають звичайно частотною характеристикою остаточного загасання $a_{осм}$ каналу від величини, яка визначається для сигналу з частотою 800 Гц. Частотні характеристики і допустимі межі відхилень можуть задаватися таблично або графічно у вигляді шаблону.

Відповідно до рекомендацій ІТУ ефективною смугою пропускання каналу ТЧ називається смуга, нерівномірність остаточного затухання на граничних частотах якої перевищує 8,7 дБ.

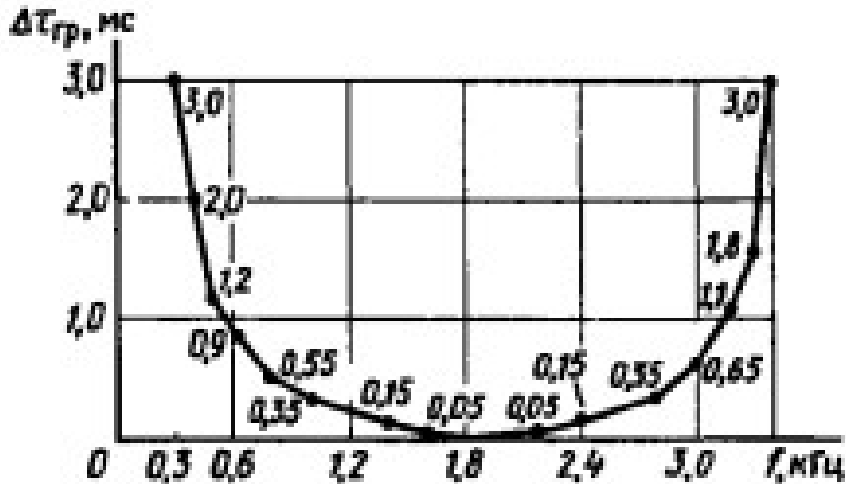
5.3 Частотні характеристики каналу



Типова характеристика нерівномірності остаточного загасання $a_{ост}$ для стандартного каналу ТЧ. Штриховими лініями позначені допустимі межі відхилень $a_{ост}$ для однієї та п'яти переприймальних ділянок

Для нестандартних каналів частотна характеристика загасання може суттєво відхилятися від допустимих меж. Нерівномірність загасання сигналу на різних частотах викривляє амплітудні співвідношення спектру сигналу, який передається, у зв'язку з цим змінюється форма сигналу на виході, що ускладнює або робить неможливим прийом. Для зменшення викривлень сигналів здійснюють коригування АЧХ каналу шляхом включення амплітудних коректорів.

5.3 Частотні характеристики каналу



Нормуюча крива (шаблон) на допустимі значення $\Delta\tau_{гр}$ для стандартного каналу ТЧ для однієї пере приймальної ділянки

Для оцінки фазочастотних викривлень в каналі застосовують характеристику групового часу проходження (ГЧП), яка представляє собою похідну ФЧХ по частоті $\tau_{гр} = \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega}$. Частотна залежність змінення групового часу проходження $\Delta\tau_{гр} = \psi(f)$ нормується відносно ГЧП на частоті 1900 Гц на одному пере приймальній ділянці довжиною 2500 км. Усі характеристики ГЧП різних каналів повинні розміщуватися нижче ламаної кривої.

Допустима нерівномірність ГЧП залежить від характеру $\Delta\tau_{гр} = \psi(f)$, швидкості і способу модуляції. Якщо нерівномірність характеристики ГЧП вище допустимої, то необхідно її коригувати за допомогою фазових коректорів, які включаються послідовно з каналом.

5.4 Амплітудна характеристика каналу

Нелінійні викривлення сигналів обумовлені залежністю посилення каналу від рівня сигналів, які передаються. Ці викривлення оцінюються амплітудною характеристикою каналу, яка представляє залежність рівня сигналу на виході (чи остаточного загасання) від його рівня на його вході. Рівень, при якому відхилення характеристики від прямої перевищує 0,43-1,3 дБ, називають рівнем перевантаження.

Викривлення сигналу на робочій ділянці амплітудної характеристики оцінюють коефіцієнтом нелінійних викривлень:

$$K_{\text{н}} = \left(\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots} \right) / U_1$$

де U_1 – напруга основної (першої) гармоніки вихідного сигналу; U_2, U_3 – напруги вищих гармонік, виникаючих внаслідок нелінійності амплітудної характеристики.

В каналі ТЧ на одній переоприймальній ділянці $K_{\text{н}}$ не повинен перевищувати 1,5% при номінальному рівні передачі сигналу на частоті 800 Гц.