

## 7. ПАРАМЕТРИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛІВ ТА ТРАКТІВ АНАЛОГОВИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ

### 7.1. Загальні положення.

До складу будь-якої кабельної (проводової) системи передачі входять: апаратура кінцевих пунктів (кінцеві станції) та лінійний тракт які призначені для організації типових каналів передач (КТЧ), типових сіткових трактів (МТ) та організованих на їх базі широкосмугових каналів (ШК), характеристики яких наведені в табл. 7.1.

Канали ТЧ і мережні тракти (МТ) можуть бути простими без транзитів та складеними з транзитом (відповідно по ТЧ та ВЧ). Тому, норми на параметри і характеристики КТЧ, МТ розподіляються для простих та складових КТЧ та МТ

Максимальна довжина номінального ланцюга каналу ТЧ України (Рис. 7. 1а) складає, **2500** км.

Максимальна кількість транзитів по ТЧ повинна бути не більше -**5**.

З них: - на ділянці магістральної мережі - **1**.

- на ділянках внутрішньозонових мереж - **2**.

- на ділянках місцевих мереж - **2**.

При організації міжнародного каналу довжиною до **25000** км.

Максимальна кількість транзитів по ТЧ може бути до **11**.

Максимальна довжина номінального ланцюга каналу ТЧ магістральної та внутрішньозонової мереж без ділянок місцевої мережі (Рис. 7.1.б) складає, **2300** км.

Максимальна кількість транзитів по ТЧ в цьому ланцюзі повинна бути не більше - **3**.

З них : на ділянці магістральної мережі - **1** ;

на ділянках внутрішньозонових мереж - **2** .

## Характеристики каналів і трактів АСП .

Таблиця 7.1 .

Параметри	Кан ТЧ	п/г- п тр-т	п/г- п кан.	ПС Т	пшк	ВМТ	ВШ К	Т МТ	ТШК	ЧМТ	ЧШК
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Робоча смуга частот <b>кГц/мГц</b>	0,3- 3,4	12,3 - 23,4	13- 23	60,- 107, 7	65- 103	312 - 551,4	330- 530,4	812,6- 2043, 7	<u>0,9-</u> <u>1,9</u>	8516- 12388	<u>9,3-</u> <u>11,7</u>
Номинальні відносні рівні передачі на стояках переключення <b>дБМО</b> : на передачі на прийомі	-13 +4	-36 -14	-36 -14	-36 -14	-36 -23	-36 -23	-36 -23	-36 -23	-36 -23	-33 -25	-33 -25
Номинальна величина вхідного опору на вх. / вих. тракта , <b>Ом</b>	600	600	600	150	150	75	75	75	75	75	75
Коефіцієнт розбіжності вхідного опору відносно номінального %	10	15	15	10	10	10	10	10	10	10	10
Залишкове підсилення дБ для току частотою,кГц	17 1,02	22 17,8	22 17,8	13 83,9	13 83,9	13 408,08	13 408,08	13 1555,92	13 1555,92	8 11150,08	8 1555,08
Похибка установки рівня , <b>дБ</b>	0,5	-	-	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Середньоквадратичне відхилення рівня прийому від його середнього значення <b>дБ</b> : простого з <b>АРП</b> та без <b>АРП</b> складового з <b>АРП</b>	1 1	- -	- -	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 0,5
Відхилення рівня передачі на любій частоті <b>дБ</b> відносно частоти,кГц	-0,6 +1,4 1,02	±1,0 17,8	±1,0 17,8	±1,0 83,9	±1,0 83,9	±1,0 408,0	±1,0 408,08	±1,0 1555,92	±1,0 1555,92	±1,0 11150,08	±1,0 11150,08
Допустима потужність передаваного сигналу, <b>мВтО</b> -за годину; -за хвилину	0,032 2	- -	0,09 6	3,0 4,0	0,38 -	8,0 11,0	1,92 -	15,0 19,0	9,6 -	45,0 52,0	28,8 -
Рівень середнього незваженого шуму кан. (тракту) /за годину/ <b>L = 2500 км , дБМО</b>	- 47,5	-	-	-	-35,0	-28,0	-28,0	-21,0	-21,0	-16,0	-16,0



Рис. 7.1. а Номінальний ланцюг каналу ТЧ.

Максимальна довжина номінального ланцюгу магістральної мережі України(Рис.7.1 б) складає -**1800км**

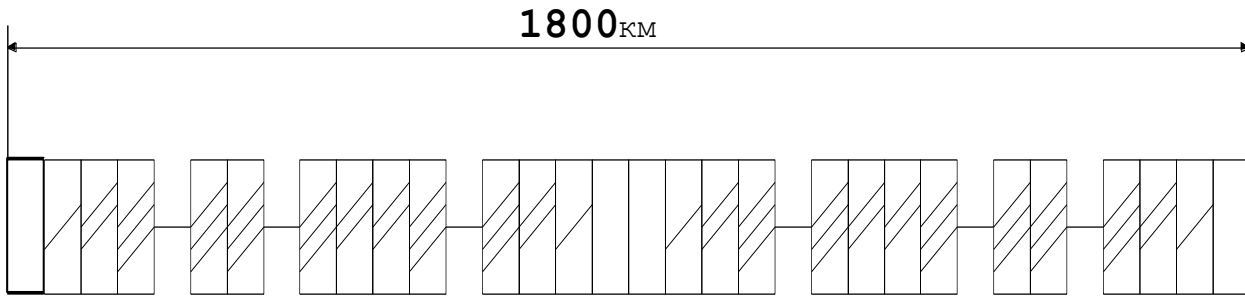


Рис.7.1.б Номінальний ланцюг каналу ТЧ магістральної мережі

Максимальна кількість транзитів по ТЧ в цьому ланцюзі повинна бути не більше - **1**.

Максимальна довжина номінального ланцюга каналу ТЧ зонової мережі (Рис.7.1в) складає - **700 км** .

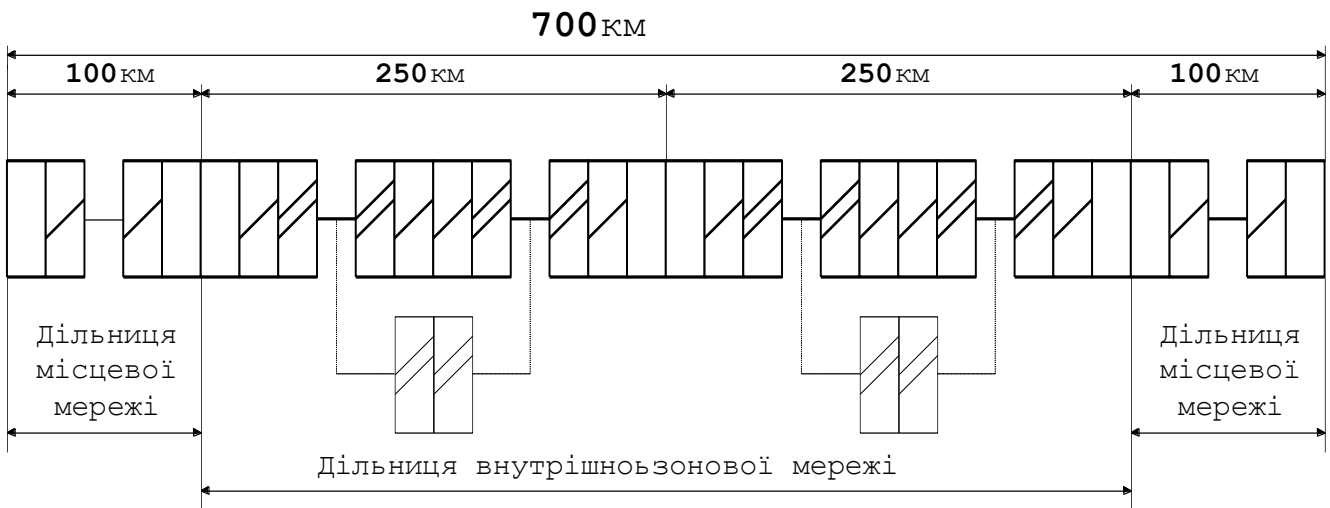


Рис.7.1.в Номінальний ланцюг каналу ТЧ зонової мережі

Максимальна кількість транзитів по ТЧ при цьому повинна бути не більше - **4** .

З них : на ділянках внутрішньозонової мережі - **2** ;

на ділянках місцевої мережі - **2** .

Максимальна довжина номінального ланцюга каналу ТЧ внутрішньозонової мережі (Рис.7.1г) складає - **500 км** .

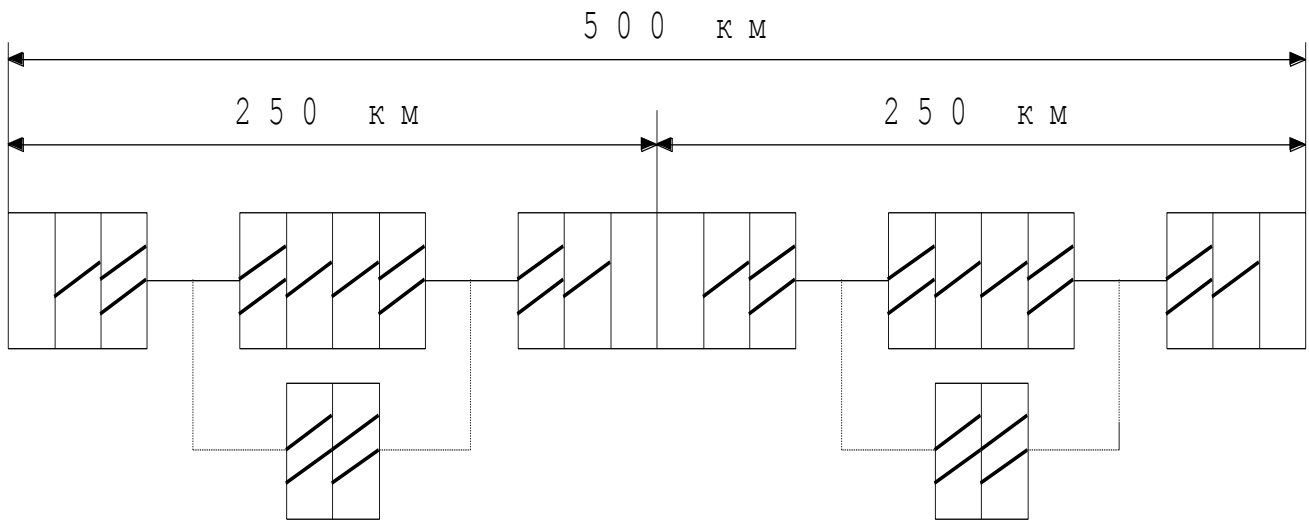


Рис.7. 1г **Номінальний ланцюг каналу ТЧ внутрішньозонової мережі .**

Максимальна кількість транзитів по ТЧ повинна бути не більше - **2** .

Максимальна довжина номінального ланцюга каналу ТЧ місцевої мережі

Рис.7.1д) складає - **200** км .

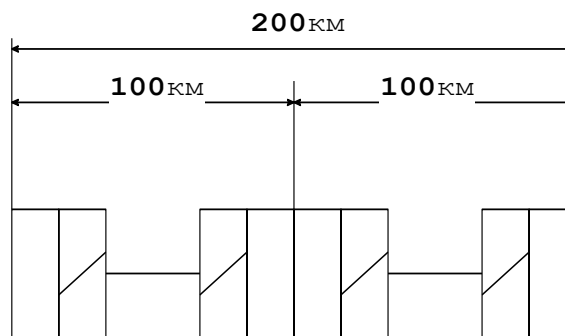


Рис.7. 1д **Номінальний ланцюг каналу ТЧ місцевої мережі .**

Максимальна кількість транзитів по ТЧ в цьому ланцюзі повинна бути не більше - **2** .

Максимальна кількість транзитів по високій частоті (**ВЧ**) в номінальному ланцюзі каналу ТЧ магістральної мережі повинна бути не більше - **6** .

З них по кожному первинному , вторинному , третинному чи трактах

вищого порядку не більше - **2** .

Дозволяється організувати додатково один транзит по **ВЧ** замість транзита **ТЧ** на цій мережі . При цьому загальна кількість транзитів по **ВЧ** в груповому тракті даного порядку повинна бути не більше - **3** .

Максимальна кількість транзитів по **ВЧ** в номінальному ланцюзі каналу ТЧ внутрішньозонової мережі повинна бути не більше - **2** .

Дозволяється організувати додатково два транзити по **ВЧ** замість двох транзитів по **ТЧ**. Загальна кількість транзитів по **ВЧ** при цьому повинна бути не більше - **4** .

В номінальному ланцюзі каналу ТЧ місцевої мережі транзитів по ВЧ не передбачається .

**Норми** містять вимоги до параметрів і характеристик **КТЧ** і **МТ** , які повинні забезпечуватись при налагоджуванні в процесі експлуатації каналів і трактів , а також методику вимірювання параметрів і характеристик **КТЧ** та **МТ** .

Всі канали і тракти введені в експлуатацію повинні здаватися налагоджувальними організаціями або експлуатаційними підприємствами здійснюючими налагоджування по налагоджувальним нормам .

В процесі експлуатації канали і тракти повинні відповідати експлуатаційним нормам .

#### **Норми розподіляються на :**

-загальні параметри **КТЧ** і **МТ** , які не підлягають налагоджуванню  
-основні характеристики **КТЧ** і **МТ** які підлягають налагоджуванню і експлуатаційному контролю;

-**додаткові характеристики КТЧ і МТ**, які передаються у вторинні мережі для передачі даних , тонального телеграфування , факсимільної передачі , котрі підлягають налагодженню та експлуатаційному контролю .

До загальних параметрів **КТЧ** і **МТ** , які не підлягають налагоджуванню , відносяться :

- смуга ефективно-переданих частот** , робоча смуга частот (**РСЧ**) ;
- номінальні відносні рівні** передачі і прийому ;
- номінальна величина вхідного і вихідного опору** чотирьох провідного каналу(тракту);
- коефіцієнт відбиття** ( згасання неузгодженості ) в **РСЧ**;
- допустима кількість транзитів по ТЧ** для складених каналів .

До основних параметрів і характеристик **КТЧ** і **МТ**, які підлягають налагоджуванню та експлуатаційному контролю відносяться :

- допустима величина середньоквадратичного відхилення** залишкового згасання ;
- частотна характеристика залишкового згасання** ;
- середня величина рівня** ( потужності ) зваженого шуму в **КТЧ** за визначений проміжок часу (хвилину , годину ) ;
- захищеність від розбірливих перехідних впливів** між різними однотиповими **КТЧ** (**МТ**) .

До додаткових параметрів і характеристик **КТЧ** і **МТ** , які передаються у вторинні мережі для **передачі даних , тонального телеграфування , факсимільної передачі** , та підлягають налагодженню і експлуатаційному контролю , відносяться:

- середня величина рівня** (потужності) не зваженого шуму в точці нульового відносного рівня (**ТНВР**)за хвилину,час ;
- рівень незваженого шуму в ТНВР** при разових вимірах ;
- амплітудна характеристика (АХ)**;
- коефіцієнт нелінійних спотворень** для **КТЧ** ;
- зміна частоти сигналу** ( для **КТЧ** ) ;

-фазочастотна характеристика ;

-рівень селективних перешкод ;

-сумарний відносний час дії імпульсних перешкод та короточасних перерв рівня сигналу за годинний проміжок часу ;

- стрибки фази сигналу , який передається .

Ряд параметрів **КТЧ** ( середньоквадратичне відхилення залишкового згасання , середня величина рівня зважених і незважених шумів , імпульсні перешкоди і короточасні зникнення рівня) визначаються параметрами **МТ** .

Тому при відхиленні від норм вказаних параметрів в **КТЧ** слід шукати причини відхилень в **МТ** . По тій же причині при налагоджуванні **МТ** ( за допомогою **КТЧ** ) ці параметри перевіряються тільки в окремих **КТЧ** .

На складені **КТЧ** (**Ск-ТЧ**) і **КТЧ** , які передаються у вторинну мережу для передачі даних , тонального телеграфування , факсимільної передачі (**ТЧ - Д**) складаються електричні паспорти , в яких фіксуються відповідність нормам електричних параметрів і характеристик **КТЧ** , фіксуються відхилення від норм вимірюваних параметрів і характеристик , ділянка і причина відхилення. Паспортизація проводиться під керівництвом головної керуючої станції з документуванням ( **ГКС- Д** ). Паспорт складається кожною кінцевою станцією ( **ГКС-Д** , **ГКС** ) в одному екземплярі .Паспорт на **КТЧ**,якій задовольняє нормі, затверджується "**постійно**" технічним керівником **ЛАЦ ГКС-Д** ,а на **КТЧ** з відхиленням окремих параметрів і характеристик від норм "**тимчасово**" головним інженером підприємства , **ЛАЦ** якого здійснює функції **ГКС-Д** .

На **ГКС** після звірки з паспортом , затвердженим **ГКС Д** , записується дата і строк затвердження ( **постійно** , **тимчасово до .....** ),посада і прізвище особи, яка затверджувала паспорт. Запис завірюється особою, яка проводила звірку .Паспорт представляє собою картку з твердого паперу , розміром **148x203** мм , заповнену з лицьової сторони , яка зберігається в картотеці .

Заповнюється паспорт тушею , чорнилами або шариковою ручкою .

Форма паспорта наведена на стор . - .

На складені **КТЧ** і на **КТЧ**,які подаються у вторинні мережі для передачі дискретної інформації, складаються електричні паспорти відповідно до форм **Ск-ТЧ** і **ТЧ-Д**, залежно від форми організації та виду передаваної інформації в заголовку паспорта підкреслюється відповідне означення (**ТЧ-С** або **ТЧ-Д**) .

#### Паспорт на канал ТЧ

#### ТЧ-С , ТЧ-Д

Паспорт на канал ТЧ		ТЧ-С , ТЧ-Д	
технічний номер каналу			
експлуатаційний номер каналу		використання каналу	
<b>ГРС-Д</b>		вид інформації	
<b>ГРС</b>		потужність завантаження	

### Таблиця даних каналу

Номер пункту	Номер каналу тракта	Схема включення	Тип апаратури ЛТ	Відстань (км)
1	2	3	4	5

Номер розпорядження і дата  
здачі каналу в експлуатацію

Підстави для зняття ел. паспорту :

**Вимірювач :**

( посада )

\_\_\_\_\_ (прізвище )

постійно

**Затверджую:**

Тимчасово

\_\_\_\_\_ ( посада , прізвище )

#### Дані паспортизації .

Тип каналів	Кількість каналів, що підлягають	Кількість каналів які мають електр. паспорти	Кількість каналів які не мають електр.паспортів	З них тимчасово з відхиленнями
1	2	3	4	5
прості				
Складові				

#### 1. Основні характеристики каналу .

Пункт нормування	Найменування електричної характеристики	Норма	Відповідність електр. хар-ки нормі А ↔ Б
1	2	3	4



## 2 . Додаткові характеристики каналу .

Пункт нормування	Найменування електричної характеристики	Норма	Відповідність електр. хар-ки нормі А ↔ Б
1	2	3	4

Причина і ділянка відхилення ел . характеристик від норм :

Особливі помітки :

Карта обліку каналів в ПТ

КУ каналу

Номер тракту : \_\_\_\_\_

ГРС-

№ кан	Тип кан-у	№-и кінцевих пунктів	Експлуатаційний №-використ-ог кан.; транзит, служб. зв'яз. і т.п.	Загрузка (мкВт)	Підстави вводу каналу у експлуатацію	Дата затвердження паспорта
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Схема організації каналу складається у вигляді " таблиці даних каналу " і заповнюється у відповідності з назвою граф :

- в графі " **Номер пункту** " вказується номери кінцевих і транзитних пунктів ;
- в графі " **Номер каналу , тракту** " вказується номери каналу , тракту ;
- в графі " **Схема включення** " вказується тип апаратури індивідуального перетворення (СИП-60, СИП-300 і т.п. ) для **КТЧ** і тип апаратури транзиту для сіткових трактів (СТВГ, СТПГ-АК ) ;
- в графі " **Тип апаратура ЛТ** " вказується тип апаратури лінійного тракту на ділянці між даним і наступним пунктом ;
- в графі " **Відстань** " вказується довжина каналу відповідно по ділянкам ;

-в графі " Підстави для зняття електричного паспорту " робиться запис "введення в експлуатацію" або " зміна схеми організації " .

В таблицях 1 та 2 " Основні ( додаткові ) характеристики каналу. " у графах 1,2 розраховані електричні характеристики , норми яких при паспортизації підлягають розрахунку ( наприклад , відхилення АЧХ , захищеність між прямим і зворотним напрямком і т.п. ). В графі 4 цих таблиць відмічається відповідність вимірюваних електричних характеристик нормам для двох напрямків передачі з значенням "  $n \setminus n$  ". При наявності відхилень від норм робиться запис "  $nn$  ", а причина і ділянка відхилення записується під таблицями .Якщо яка-небудь характеристика не була виміряна , робиться запис в графі "Особливі помітки " і вказується причина . Складається також " Картка обліку каналів в ПГ", форма якої наведена на стор.14. В графі 2 цієї форми фіксується тип каналу : складений - СК , простий - ПК , вільний звукового мовлення - ЗВ . В графі 5 фіксується нормоване значення потужності , завантаження в каналах дискретної інформації .Крім того, в цій же формі узагальнюються дані про кількість каналів, які підлягають паспортизації , про кількість каналів , які мають і не мають паспортів а також про ті, які мають тимчасові паспорти.

Аналогічно складаються паспорти на сіткові і лінійні тракти АСП.

Перелік електричних параметрів і характеристик каналів і трактів , їх нормування і методика вимірювання приводяться у відповідних нормативних документах затверджених Держкомзв'язку України (ДКЗ) .

Нижче розглядаються електричні параметри і характеристики простих та складених каналів ТЧ і типових сіткових трактів ( первинних – ПМТ, вторинних – ВМТ, третинних – ТМТ, четвертинних – ЧМТ) магістральних первинних мереж та їх нормування.

В загальному випадку, виходячі із специфіки і функціональної розбіжності електричні параметри і характеристики КТЧ і МТ, утворені АСП з ЧРК, можна розподілити на наступні п'ять груп:

- параметри входу і виходу КТЧ і МТ,
- залишкове згасання і його характеристики,
- фазочастотні характеристики КТЧ і МТ,
- перешкоди в КТЧ і МТ,
- специфічні параметри КТЧ і МТ.

## 7.2. Параметри входу і виходу каналів та мережних трактів .

До параметрів входу і виходу каналів та трактів відносяться : робоча смуга частот (РСЧ); номінальний вхідний (  $R_{вх}$  ) і вихідний (  $R_{вих}$  ) опір; коефіцієнт відбиття (  $\delta$ ); згасання розбіжності (Аб).

Звичайно ( в багатьох випадках)  $R_{вх} = R_{вих} = R_0$  ,  $R_0$  - опір зовнішніх ланцюгів , який вважається дійсним і постійним в РСЧ .

$$\delta = \left| \frac{Z_{к(тр)} - R_0}{Z_{к(тр)} + R_0} \right|$$

де  $Z_{к(тр)}$  - повний вхідний або вихідний опір каналу (тракту)

$$Аб = 20 \lg 1/\delta , \text{ дБ}$$

Параметри входу і виходу **КТЧ** і **МТ** та їх нормування вказані в табл.7.2.

**Таблиця 7.2**

Вид каналу (тракту)	$R_0$ , Ом	$\delta$ , %	$A_\delta$ дБ	Частоти вимірювань ( $\delta, A_\delta$ ); кГц	Робоча полоса частот кГц
1	2	3	4	5	6
КТЧ	600	≤10	≥20	0,3; 1,02, 3,4	0,3.....3,4
ПМТ	150			62;83,92;106	60,6..107,7
ВМТ	75			315;408,08;549	312,3..551,4
ТМТ	75			814;1555,92;2040	812,6...2043,7
ЧМТ	75			8518;11150,09;12387	8516..12388

### 7.3. Залишкове згасання та його характеристики.

Як відомо, залишкове згасання ( $A_r$ ) **КТЧ** і **МТ** визначається величинами рівней передачі ( $p_{пер}$ ) та прийому ( $p_{пр}$ ) вимірюваного сигналу на визначеній встановленій частоті ( $f_{вмт}$ ) (для **КТЧ** і **МТ**) і характеризується помилкою встановки  $A_r(\Delta)$  та середньоквадратичним відхиленням  $A_r(\delta)$ . Значення цих параметрів для 4-провідного входу (виходу) **КТЧ** і **МТ** вказані в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

Вид каналу (тракту)	$p_{пер}$ дБ	$p_{пр}$ дБ	$A_r$ дБ	$\Delta$ дБ	$\delta$ дБ	$f_{уст}$ кГц
1	2	3	3	4	6	7
КТЧ	-13	4	-17	±0,5	1	1,02
ПМТ	-36	-23	-13	±0,15		83,92
ВМТ	-36	-23	-13		0,5	408,08
ТМТ	-36	-23	-13			1555,92
ЧМТ	-33	-25	-8			11150,08

Від'ємна (мінусова) величина  $A_r$ , означає, що **КТЧ** (**МТ**) має місце залишкове підсилення ( $S_b$ ),  $S_b = -A_r$ , дБ.

До характеристик залишкового загасання **КТЧ** і **МТ** відносяться частотна характеристика залишкового загасання (**ЧХ**  $A_r$ ) та амплітудна характеристика (**АХ**).

Як відомо, **ЧХ**  $A_r$  є залежністю  $A_r$  від частоти вимірюваного сигналу в межах робочої смуги частот **КТЧ** (**МТ**) при постійному рівні передачі  $P_{пер}$ ,

$$A_r = \varphi(f)$$

$$P_{пер} = P_H$$

Нормується **ЧХ**  $A_r$  як відхилення залишкового згасання ( $\Delta A_r$ ) на поточній частоті в межах робочої смуги частот **КТЧ** (**МТ**) ( $A_r f$ ) від величини  $A_r$  на встановленій частоті ( $A_r f_{вст}$ ) на тих же умовах ,

$$\Delta A_r = \varphi(f) \Big|_{p_{пер.} = p_{н.}}$$

Норма (шаблон) **ЧХ**  $A_r$  для простого **КТЧ**(**МТ**) довжиною **2500**км.та для складеного **КТЧ** (**МТ**) довжиною **12500**км. і чотирьох тразитів по **ТЧ** представлена на Рис.7.2 , а для **МТ** (простого **ПрТ** і складеного **Склад.Т**) на Рис . 7.3 .

**АХ** **КТЧ** (**МТ**) є залежністю  $A_r$  від  $p_{пер.}$  при постійній частоті вимірюваного сигналу, яка дорівнює встановленій ( $f_{вст.}$ ) , т. ч.  $A_r = \varphi(p_{пер.})$  на  $f = f_{вст.}$

Нормується **АХ** у вигляді залежності величини відхилення залишкового згасання ( $\Delta A_r$ ) (при поточному значенні  $p_{пер.}$  ( $A_r p_{пер.}$ )) від величини  $A_r$  пр. при  $p_{пер.}$ , яка дорівнює номінальному ( $A_r p_{пер. н.}$ ) , від величини відхилення  $p_{пер.}$  ( $\Delta p_{пер.}$ ) (при поточному значенні  $p_{пер.}$  від величини  $p_{пер.}$  , яка дорівнює номінальному

$$(p_{пер. н.}) , \text{ т. ч. } \Delta A_r = \varphi(\Delta p_{пер.})_{f=f_{вст.}}$$

де  $\Delta A_r = A_r p_{пер.} - A_r p_{пер. н.}$  ;  $\Delta p_{пер.} = p_{пер.} - p_{пер. н.}$

Норма (шаблон) **АХ** для **Пр.К** представлена на рис. 7.2.

Виміри **АХ** **КТЧ** проводяться на  $f_{вст.} = 1,02$  кГц .

Трактовка норми **АХ** для **Пр.К** наступна при збільшенні  $p_{пер.}$  (відносно  $p_{пер. н.}$ ) на **3,5** дБ. **АХ** ( $\Delta A_r$ ) повинна бути прямолінійна з точністю  $\pm 0,3$  дБ.

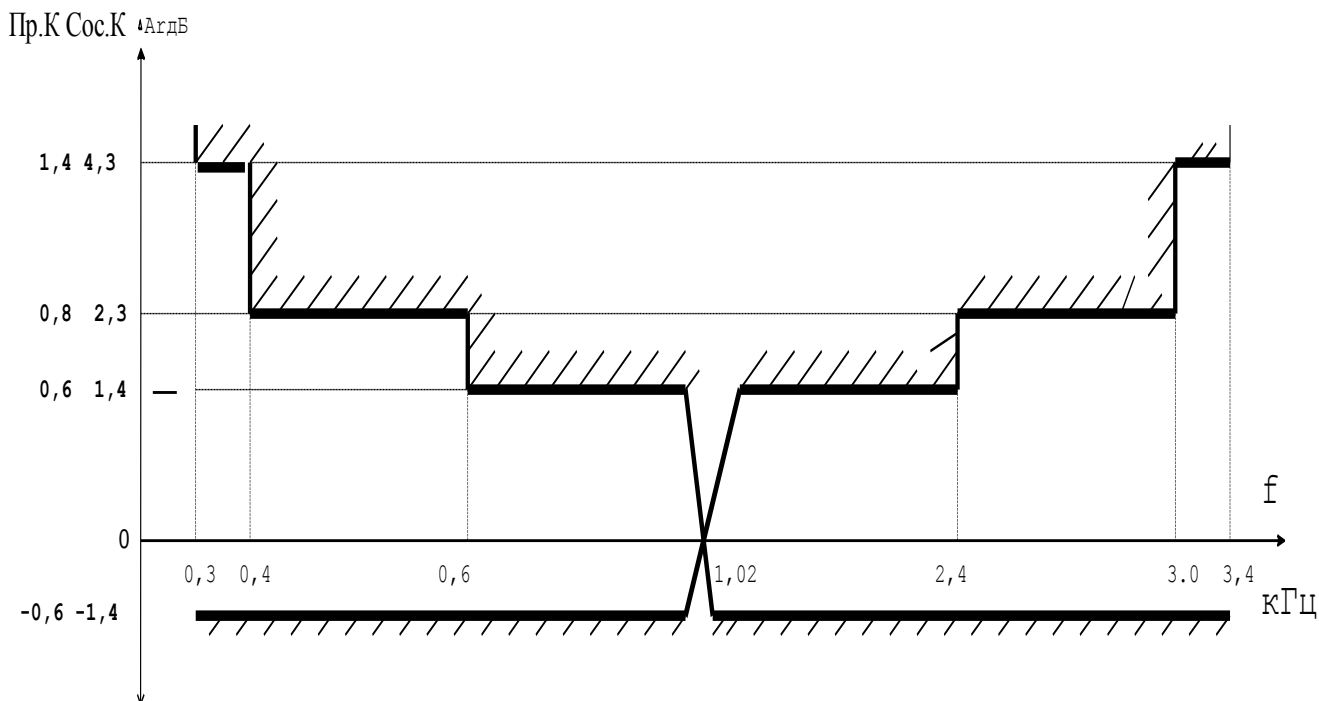


Рис.7.2

Пр. Т,Скл.Т  $\Delta A_r$  дБ

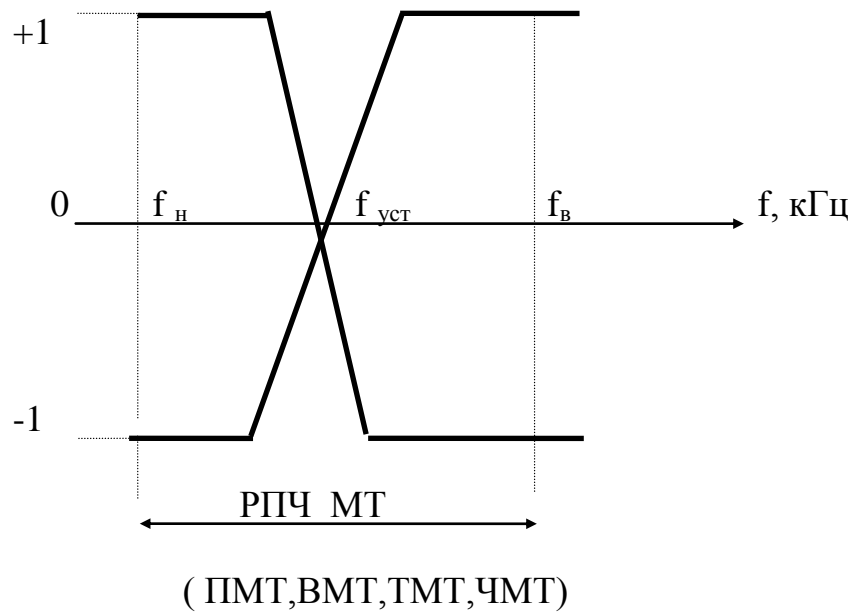


Рис. 7.3 .

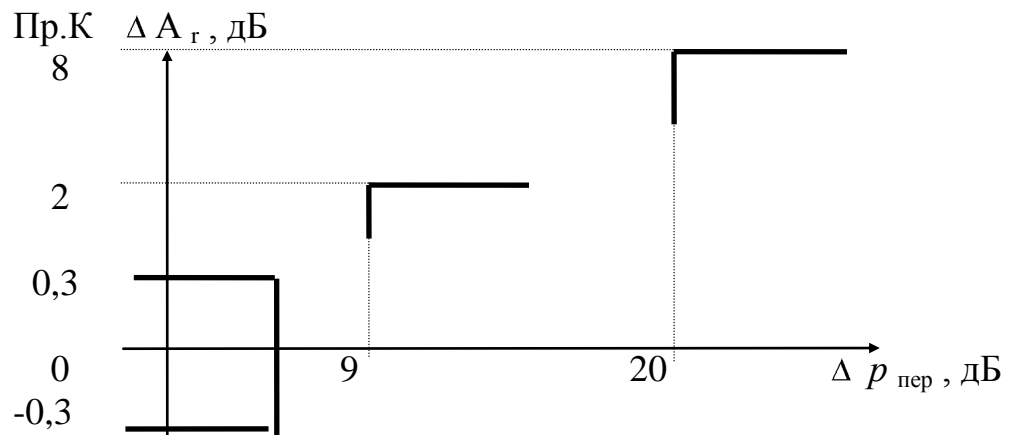


Рис. 7.4 .

(точка  $\Delta p_{\text{пер}}=3,5$  дБ.), відповідає зміні  $p_{\text{пер}}$  до порогу обмеження амплітуд, підключеного на 4-провідному вході (КТЧ); при збільшенні  $p_{\text{пер}}$

(відносно  $p_{\text{пер.н}}$ ) на 9дБ. і 20дБ. залишкове згасання КТЧ повинно збільшитися не менше, чим на 2дБ. і на 8дБ. відповідно (точки  $\Delta p_{\text{пер}} = 9$ дБ. і 20дБ. відповідають зміні  $p_{\text{пер}}$  за порогом обмеження , обмежуюча амплітуда ).

Наприклад , при 4-провідному вході (виході) КТЧ точці  $\Delta p_{\text{пер}} = 3,5$ дБ. відповідає  $p_{\text{пер}} = - 9,5$ дБ. , при цьому  $A_r$  повинно бути в межах 17,3..16,7дБ.

( $S_r=16,7..17,3$ дБ.); точці  $\Delta p_{\text{пер}} = 9$ дБ. і 20дБ. відповідають  $p_{\text{пер}} = - 6$ дБ. і +7дБ., при цьому  $A_r \geq 15$ дБ. ( $S_r \leq 15$ дБ.) і  $A_r \geq 9$ дБ. ( $S_r \leq 9$ дБ.) відповідно.

Для складених КТЧ норми для АХ визначаються у відповідності з формулою:  $\Delta A_r \text{ скл.к} = \Delta A_r \text{ скл.к} \cdot 0,5 \sqrt{n+1}$  , де n-число транзитів по ТЧ .

Норма (шаблон) АХ при Пр.Т і склад. Т показана на Рис. 7.5 ,

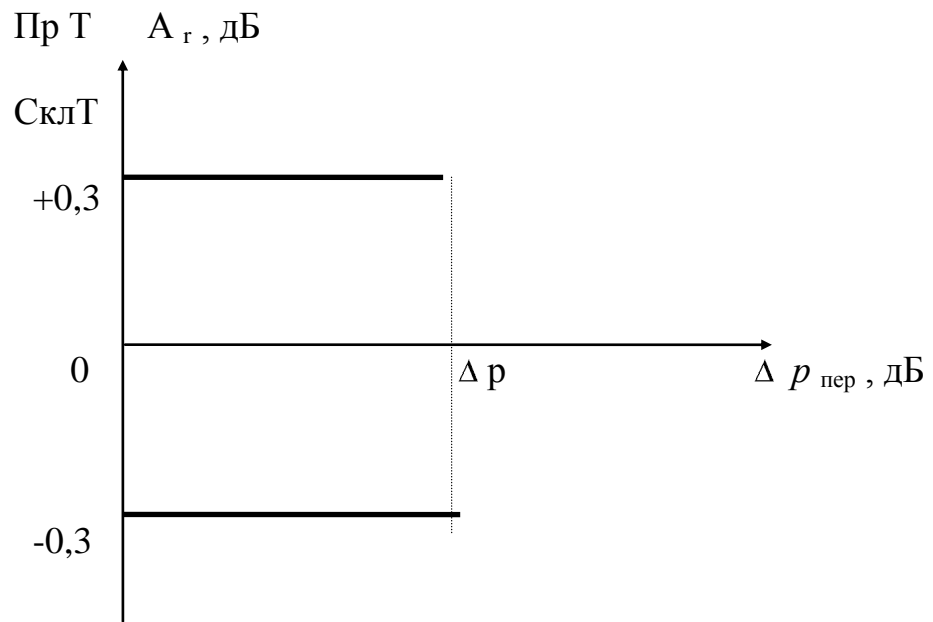


Рис. 7.5.  
де  $\Delta p$  представлений в таблиці 7.3 .

Таблиця 7.4

$\Delta p, \text{дБ}$			
1	2	3	4
ПСТ	ВСТ	ТСТ	ЧСТ
24	26	28	30

#### 7.4. Фазочастотні характеристики.

Оскільки на якість передачі сигналів впливає не абсолютна зміна фази " $\beta$ ", а зміна " $\beta$ " при зміні частоти переданого сигналу, то для оцінки **ФЧХ** використовують параметр, який називають груповим часом проходження (ГЧП) ( $t_{\text{гчп}} = t_{\text{гчп}} = d\beta/d\omega$ ).

Нормують **ЧХ**  $t_{\text{гчп}}$  як відхилення групового часу проходження ( $\Delta t_{\text{гчп}}$ ) на поточній частоті в межах **РСЧ КТЧ** ( $t_{\text{гчп}} f$ ), по відношенню до  $t_{\text{гчп}}$  на частоті **1,9 кГц** ( $t_{\text{гчп}} 1,9$ ):  $\Delta t_{\text{гчп}} = t_{\text{гчп}} f - t_{\text{гчп}} 1,9$

Так як фазові спотворення не впливають на якість телефонного зв'язку, то **ЧХ**  $t_{\text{гчп}}$  нормують тільки для **КТЧ**, які використовуються для передачі нетелефонних сигналів (наприклад сигналів дискретної інформації).

Норма **ЧХ**  $t_{\text{гчп}}$  для простих **КТЧ** (**Пр.К**) (при **9** транзитах по **ВЧ**) представлена на Рис. 7.6 .

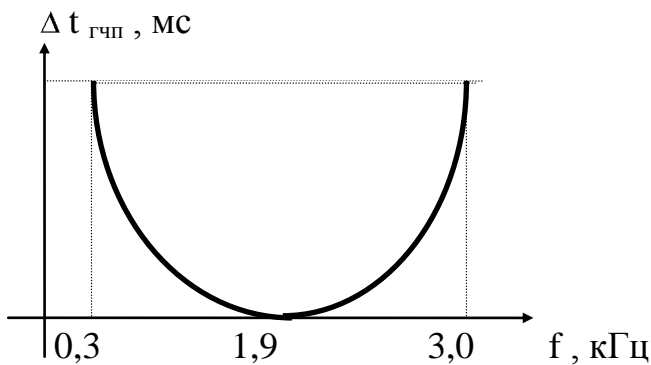


Рис.7.6.

Для складових **КТЧ** (Склад. К)

$$\Delta t_{\text{гчп скл. к.}} = \Delta t_{\text{гчп пр. к}} (n+1)$$

Для простих **СТ** нормування  $\Delta t_{\text{гчп}}$  здійснюється на краях робочої смуги частот (**РСЧ**) від номінального значення, визначеного (шляхом вимірювання).

Норми  $\Delta t_{\text{гчп}}$  представлені в таблиці 7.5 .

Для складених **МТ** норми  $\Delta t_{\text{гчп}}$  збільшується пропорційно числу транзитів по **ВЧ**, т. ч.  $\Delta t_{\text{гчп скл.к.}} = \Delta t_{\text{гчп пр.к.}} (m+1)$  де **m**- число транзитів по **ВЧ** .

Таблиця 7.5.

Тип МТ	$\Delta t_{\text{гчп}}$ , мс
ПМТ	30
ВМТ	25
ТМТ	15
ЧМТ	10

## 7.5. Завади у каналах ТЧ та мережних трактах .

Розрізняють : флуактаційні , селективні та імпульсні завади .

Флуактаційні завади визначаються :

-тепловими завадами лінії та власними перешкодами лінійних підсилювачів (**ЛП**), - завадами нелінійного походження (**ЗНП**) та завадами лінійних переходів (**ЗЛП**) . Дія завад в **КТЧ** оцінюється психофотметричною потужністю (напругою) завад , яку називають також потужністю (напругою) зважених перешкод :

$$P_{з. психоф.} = K^2 P_{з. інт.} ; U_{з. психоф.} = K U_{з. інт.} ,$$

де  $K_{п.} = 0,75$  - психофотметричний коефіцієнт;

$P_{з. інт.}$  ,  $U_{п. інт.}$  - відповідно інтегральна потужність і інтегральна напруга завад (потужність і напруга незважених завад) .

Згідно з рекомендаціями **МСЕ-Т** для еталонного гіпотетичного ланцюга (**ЕГЛ**) довжиною **2500**км середня за **ЧНН** психофотметрична потужність завад у **ТНВР** не повинна перевищувати **10000**пВт  $O_n$ , з яких:

-**7500** пВт  $O_n$  відводиться на завади **ЛТ**,

-**2500** пВт  $O_n$  відводиться на завади кінцевих і транзитних пунктів (станцій);

$$P_{з. доп. егл} = P_{з. доп. лт} + P_{з. доп. кс.}, \text{ т.ч.}$$

$$P_{з. доп. егл} = 7500 \text{ пВт } O_n + 2500 \text{ пВт } O_n = 10000 \text{ пВт } O_n$$

Дозволена психофотметрична потужність завад для **КТЧ** (простих та складових) визначається у відповідності з виразом :

$$P_{з. доп. ктч} = P_{з. доп. лт} + P_{з. доп. кс.} + n_{тч} P_{з. тч} + n_{пг} P_{з. пг} + n_{вг} P_{з. вг} + n_{тг} P_{з. тг} + \dots + n_{в} P_{з. в},$$

де  $P_{з.доп.лт}$  - допустима потужність завад лінійного тракту, обумовлена ВП, ЗНП, ЗЛП.

$$P_{з.доп.лт} = P_{вп} + P_{зп} + P_{злп} = P_{з.доп.1км} \cdot L \text{ пВт Оп ,}$$

де  $P_{з.доп.1км}$  - допустима потужність завад на один кілометр .

Якщо вважати, що джерела завад розподілені по довжині лінії передачі рівномірно, тоді  $P_{з.доп.1км}$  для більшості БСП складає :

$$P_{з.доп.1км} = P_{з.доп.лт} / L_{егл} = 3 \text{ пВт Оп / км.}$$

Для міжнародного зв'язку цю норму знижують до 1,5 і навіть до 1,0 пВт Оп / км

В лінійних трактах по коаксіальним кабелям  $P_{з.доп.1км}$  розподіляється

наступним чином :  $2/3 P_{з.доп.1км}$  - на ВП і  $1/3 P_{з.доп.1км}$  - на ЗНП .

У ЛТ по симетричним кабелям.

$1/4 P_{з.доп.1км}$  - на ВП ,  $1/4 P_{з.доп.1км}$  - на ЗНП і  $1/2 P_{з.доп.1км}$  - на ЗЛП .

$P_{з.доп.кс}$  - потужність завад двох кінцевих станцій ;  $P_{з.доп.кс} = 500 \text{ пВт Оп}$

$P_{з.тч}$  - потужність завад одного транзиту по ТЧ;  $P_{з.тч} = 500 \text{ пВт Оп}$  ;

$P_{з.пг}$  - потужність завад одного транзиту по ПГ;  $P_{з.пг} = 333 \text{ пВт Оп}$  ;

$P_{з.вг}$  - потужність завад одного транзиту по ВГ;  $P_{з.вг} = 217 \text{ пВт Оп}$  ;

$P_{з.тг}$  - потужність завад одного транзиту по ТГ;  $P_{з.тг} = 116 \text{ пВт Оп}$  ;

$P_{з.в}$  - потужність завад , які вносяться в тракт прямого проходження

апаратурою виділення каналів ;

$$P_{з.в} = 30 \text{ пВт Оп .}$$

$n_{тч}, n_{пг}, n_{вг}, n_{тг}, n_{в}$  - відповідно кількість транзитів по ТЧ, ПГ, ВГ, ТГ і пунктів виділення каналів (ПВК) .

Допустима потужність незважених завад для СТ (простих і складових) визначається відповідно з виразом :

$$P_{з.доп.ст} = Q P_{з.доп.ктч} , \text{ пВтО ;}$$

$$\text{де } Q \approx (1 / \kappa)^2 \times (\Delta f_{ст.}) / (\Delta F_{ктч}) - \text{ коефіцієнт ,}$$

який визначається відношенням ширини РСЧ СТ (  $\Delta f_{ст}$  ) до ширини РСЧ КТЧ (  $\Delta F_{ктч}$  ).

Наприклад , для ТСТ  $Q = 1 / 0,56 \times (2043,7 - 812,6) / (3,4 - 0,3) = 706,9 \approx 707$

Значення коефіцієнту Q для типових МТ представлені в таблиці 7.6 .

Таблиця 7.6

Q	Тип МТ			
	ПМТ	ВМТ	ТМТ	ЧМТ
	27,6	138	707	2224



Селективні завади уявляють собою синусоїдальний сигнал (або суму таких сигналів), які попадають у смугу частот **КТЧ** і **МТ**.

Основними джерелами селективних завад для **КТЧ** є джерела живлення на будь-якій частоті (**50,100,150, 200,250 Гц**), залишки струмів несучих частот ( $f_{\text{нес}}$ ), струмів частот виклику ( $f_{\text{вик}}$ ) в смузі частот **КТЧ**.

Норми для рівнів селективних завад в **КТЧ** і **МТ**, в залежності від виду завад, представлені в таблиці 7.7.

Таблиця 7.7

Вид завад	$P_{\text{зав}}$ дБм0		
	КТЧ Пр.К,Скл	МТ Пр.Т	МТ Скл.Т
від джерел живлення	-50	-	-
від струму $f_{\text{нес}}$	-40	-50	-26
від струму $f_{\text{вик}}$	-50	-	-
від залишків струму $f_{\text{кч}}$	-	-45	-26

**Імпульсні завади** можуть з'являтися за рахунок відсутності контактів і короткочасних перевантажень в **ЛТ**. Нормуються по сумарному відносному часу їх дії (**СВЧД**).

Для простих і складових **КТЧ** і всіх **МТ** (але не призначених для організації по них **ШК**) довжиною  $L_{\text{км}}$  імпульсні завади, які перевищують поріг аналізу по рівню мінус **15** дБм0 та тривалістю більше **500**мкс

$$(P_{\text{із}} > -15 \text{ дБм0}, t_{\text{із}} > 500 \text{ мкс}),$$

також короткочасна відсутність рівня сигналу більше, чим на **18...20**дБ.

вважається припустимою, якщо за годинні проміжки часу

$$\text{СВЧД} < 6 \cdot 10^{-5} L / 12500.$$

Крім розповсюдження видів завад в **КТЧ** і **МТ** можуть утворюватися також чіткі перехідні завади між каналами і трактами.

Ці чіткі взаємні впливи можуть з'являтися за рахунок нелінійних спотворень в вузлах **МТ**, більш високих порядків, за рахунок недостатнього екранування з'єднувальних ліній в апаратурі організації трактів (**АО МТ**), а також взаємного впливу між ланцюгами симетричного кабелю, по яким роблять одноіменні **БСП**.

Ступінь чіткого взаємного впливу оцінюється параметром захищеність від чітких завад (**Аз чз**).

За нормою для простих **КТЧ**:  $A_{\text{з чз}} > 70 \text{ дБн0}$  і  $A_{\text{з ел}} > 65 \text{ дБн0}$  відповідно для **90%** і **100%** можливих комбінацій між каналами розміщення по 2 з **N** однотипних каналів з яких один впливовий другий - піддається впливу.

Для складових **КТЧ** ця норма знижується:

$$A_{\text{з чз}} > 58 \text{ дБн0} \text{ і } A_{\text{з ел}} > 52 \text{ дБн0}$$

відповідно для **90%** і **100%** можливих комбінацій між каналами.

Вимірювання  $A_{\text{з чз}}$  здійснюється на  $f_{\text{вст.}} = 1,02 \text{ кГц}$ .

Для простих **МТ** на будь-якій частоті **РСЧ**:  $A_{\text{з чз}} > 78 \text{ дБн0}$  і  $A_{\text{з ел}} > 74 \text{ дБн0}$  відповідно для **90%** і **100%** можливих комбінацій між трактами.

Для складених **МТ** норма знижується на величину **10 lg m** (**m** - число транзитів по **ВЧ**). Для **БСП**, які працюють на паралельних ланцюгах симетричного кабелю норми **Аз** чз для **КТЧ** і **МТ** знижуються (норма для **КТЧ** і **МТ** довжиною **L=12500** км виконуються тільки на **L = 2500** км).

Для **БСП**, які працюють на паралельних ланцюгах **ПЛЗ** чіткі впливи не збільшуються (за рахунок інверсії і зсуву частот лінійного спектру), хоча ланцюги **ПЛЗ** мають невисоку захищенність.

### 7.6. Специфічні параметри каналів і мережних трактів.

До специфічних параметрів **КТЧ** і **МТ АСП** відносяться: зсув частот ( $\Delta f$ ) та стрибки фази ( $\Delta\delta$ ). Оскільки в **АСП** використовується односмугова **АМ** без передачі сигналу несучої частоти, то на прийомі використовують автономні задаючі генератори (**ЗГ**) і за рахунок розбіжності частот **ЗГ** між приймачем та передавачем з'являється зсув частот переданого сигналу.

Це мало впливає на якість переданого телефонного сигналу навіть в межах відхилень частоти **ЗГ** на  $\Delta f = \pm 20$  Гц.

Однак це є неприйнятним для передачі сигналу дискретної інформації.

Згідно з нормою для простих **КТЧ**; **L = 2500** км, без транзитів по **ВЧ** складає  $\Delta f \leq 0.5$  Гц.

Для простих **КТЧ** і складених **МТ** (**L = 2500** км, з 9-ма транзитами по **ВЧ**) складає  $\Delta f \leq 1$  Гц.

Для складених **КТЧ** і **СТ** (**L = 12500** км з 49-ма транзитами по **ВЧ** і **ТЧ**) складає  $\Delta f \leq 1.5$  Гц.

З метою підвищення надійності роботи **ЗГ** в **АСП** використовується його гаряче резервування одним або декількома **ЗГ**, які знаходяться в робочому режимі. У разі переключення генераторного обладнання **ГО** на резервний **ЗГ** відбувається стрибок фази переданого сигналу. Це може призвести до збоїв при передачі сигналів дискретної інформації (**ДІ**).

Тому встановлені наступні норми за мінімально дозволений час ( $t_{\min}$ ) між появами зсувів фази в **КТЧ** і **МТ** (**L = 12500** км, з 49-ма транзитами по **ВЧ** і **ТЧ**), які представлені в таблиці 7.8.

Таблиця 7.8

	КТЧ	ПМТ	ВМТ	ТМТ	ЧМТ
$t_{\min}$ , год.	1,5	2.0	2,5	3.0	3,5

З іншим числом транзитів (**n**):

$t_{\min n} = t_{\min 49} \sqrt{49/n}$ , год, де **n**- число транзитів по **ВЧ** і **ТЧ**.

Слід відзначити, що **ШК**, які організовані на базі **МТ**, мають аналогічні параметри та характеристики з тою ж величиною їх нормування, як і відповідні **МТ**

Розбіжності тільки в робочій смузі частот (**РСЧ**) та допустимій потужності передаваного сигналу ( $P_{\text{доп.с}}$ ), значення, яких для **ШК** і відповідних їм **МТ** представлені в таблиці 7.9.

Таблиця 7.9

Параметри	МТ і ШК							
	ПМТ	ПШК	ВМТ	ВШК	ТМТ	ТШК	ЧМТ	ЧШК
РСЧ,кГц	60,6... ..107,7	65.... ..103	312,3.. ..551,4	350... 530,4	812,6.. 2043,7	900... 1900	8516.. 12388	9300.. 1170
$P_{доп.с}$ мВт0 за год	3.0	0,384	8.0	1,92	15.0	9,6	45.0	28,8

## 7. Параметри і характеристики лінійних трактів АСП .

Як відомо лінійні тракти(ЛТ)АСП, які працюють по провідним лініям зв'язку складаються з кінцевої апаратури(КА ЛТ),проміжної апаратури(ПАЛТ) а також ділянок ліній зв'язку між ними.

Структурна схема ЛТ АСП представлена на Рис.7.7

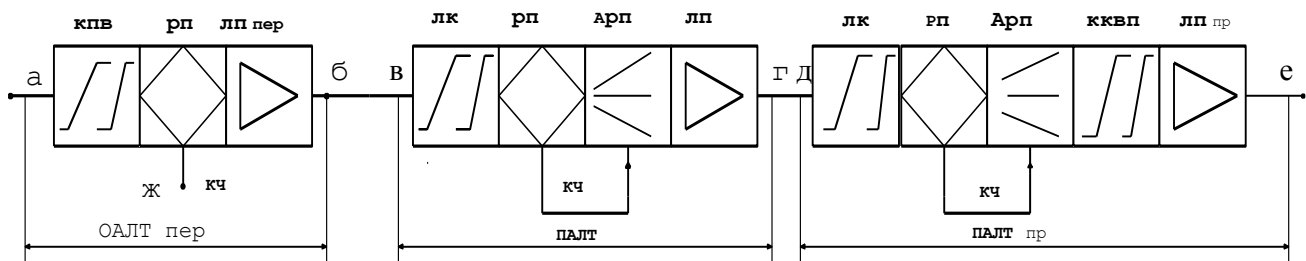


Рис.7.7

- ВП** - контур попереднього викривлення;
- ККПВ** - контур компенсації попереднього викривлення;
- РП** - розв'язуючий пристрій;
- АРП** - пристрій автоматичного регулювання підсиленням;
- ЛП** - лінійний підсилювач.

До основних параметрів та характеристик ЛТ АСП належать :

- діаграма рівнів ЛТ (ДРЛТ),
- частотна характеристика залишкового згасання ЛТ (ЧХ  $Ar$  ЛТ) ;
- амплітудна характеристика ЛТ (АХ ЛТ) ;
- точність узгодженого вхідного і вихідного опору апаратури ЛТ з номінальними значеннями (  $\delta$  вх ( вих ) ) ;
- захищеність від перехідних впливів ( А з. пв ) ;
- нелінійні викривлення ЛТ .

ДР ЛТ є одною з найважливіш характеристик ЛТ і представляє собою графік значень вимірювального рівня (  $p_{вим.}$  ) на входах та виходах КА ЛТ та ПА ЛТ (точки а,б,в,г,д,е,ж ) на Рис. 7.7 .

ДР ЛТ вимірюється та нормується звичайно на віртуальних несучих частотах верхнього і нижнього в лінійному спектрі КТЧ (  $f_{вирт.в}$  ,  $f_{вирт.н}$  ) , а також на частоті основного контрольного сигналу , в якості якого використовується сигнал основної КЧ (  $f_{кч}$  ) . Для перших двох ДР ЛТ початкової і кінцевої точками ДР ЛТ - точки ж,д .

Відхилення ДР ЛТ від номінальної ДР ЛТ свідчить про порушення роботи ЛТ і як слідство - про погіршення якості передачі сигналів по КТЧ . Так при збільшенні Рвим. від Рвим. Ном. у верхніх точках ДР ЛТ (точки в,г,е ) призводить до різкого збільшення нелінійності ЛТ і слідом - до збільшення взаємних впливів між КТЧ та збільшення потужності нелінійних завад в КТЧ , а зменшення Рвим. від Рвим.ном в нижніх точках ДР ЛТ (точки в,д) призводить до зменшення захищеності від власних завад (А з. в з ) підсилювального устаткування ЛТ і слідом - до збільшення потужності власних завад ( Р сп ) .

Точність установлення ДР ЛТ визначається похибками корекції амплітудно-частотних викривлень ділянок ЛТ і складає як правило  $\pm (0.4...0.7)$  дБ .

При контролі ДР ЛТ (в процесі експлуатації АСП) необхідно враховувати сезонні зміни згасання у фізичних ланцюгах у вигляді відповідних поправок .

Ці поправки приводяться в технічній документації конкретної АСП .

Розраховується ДР ЛТ для максимальної , середньої і мінімальної температури ґрунту на глибині заковки кабеля .

ЧХ Аг ЛТ також є важливою характеристикою ЛТ .

Величина нерівномірності ЧХ Аг ЛТ визначається відносно номінальної величини Аг ном. ЛТ на частоті, вказаної в технічній документації конкретної АСП . Як правило ця частота вибирається близькою до частоти основного контрольного сигналу (основної КЧ) :  $\Delta A_r = A_r f - A_r f_{ном.}$  ;  $f_n \approx f_{кч}$  .

Нерівномірність ЧХ Аг ЛТ (  $\Delta A_r$  ) , як правило не повинна перевищувати декількох долей дБ .

Ці норми залежать від довжини ЛТ (числа підсилювальних ділянок ) , що оговорюється в технічних вимогах на устаткування ЛТ конкретної АСП .

АХ ЛТ визначається на тій же частоті , що і ЧХ Аг ЛТ та представляє собою залежність Аг ЛТ від рівня вхідного сигналу :

$$\Delta A_r = \varphi(p_{вх}) \quad \left| \quad \begin{array}{l} \\ \mathbf{f} = \mathbf{f}_н \end{array} \right.$$

Нормується :  $\Delta A_r = \varphi(\Delta p_{вх})$  , де  $\Delta A_r = A_r p_{вх ном.}$  ,  $\Delta p_{вх} - p_{вх ном.}$

Відомо , що АХ ЛТ близька до АХ ідеального обмежувача амплітуд . Тому для неї нормують лише ступінь пряmolінійності при збільшені  $p_{вх}$  від  $p_{вх ном.}$  на визначене значення конкретної АСП , вказаної в технічній документації (наприклад для СП К-300  $\Delta p_{вх} = 26$ дБ). При цьому відхилення АХ ЛТ від горизонтальної прямої повинно бути не більше 1дБ :  $\Delta A_r \leq \pm 1$  дБ .

Для ЛТ сучасних потужних АСП АХ ЛТ не нормується . Нормується лише АХ проміжних станцій , які входять до складу ЛТ цих АСП .

Точність узгодження вхідного ( вихідного) опору апаратури АТ з їх номінальним значенням оцінюється коефіцієнтом розбіжності (  $\delta_{вх (вих)}$  ) :

$$\delta_{вх (вих)} = \left| \frac{Z_{вх (вих)} - Z_{ном}}{Z_{вх (вих)} + Z_{ном}} \right| 100\%$$

Для більшості ЛТ  $\delta_{вх (вих)}$  не повинен перевищувати 10% у всьому робочому діапазоні частот ЛТ .

Рівень власних завад ЛТ (  $P_{вз}$  ) визначається як допустимий рівень незважених (інтегральних ) завад на вході ЛТ в смузі частот КТЧ у ТНВР

(  $p_{з\text{ інт ЛТ}}$ , дБМО ). Контроль  $p_{з\text{ інт ЛТ}}$  як правило здійснюють не тільки на вході ЛТ , але і на виходах підсилювачів проміжних пунктів(ППП) , які входять в ЛТ .

При цьому контролюючі рівні можуть знаходитись у слідуючих межах :

$$p_{з\text{ інт. ппп}} \leq ( -90 \dots -60 ) \text{ дБМО.}$$

Захищенність від перехідних впливів (  $A_{з\text{ пв}}$  ) як параметр використовується тільки для ЛТ АСП , які працюють по паралельним ланцюгам симетричного кабелю .  $A_{з\text{ пв}}$  визначається для синусоїдальних сигналів на ділянках робочого діапазону частот ЛТ . Норма на  $A_{з\text{ пв}}$  встановлюється у відповідності з довжиною ЛТ і вказується в технічній документації конкретної АСП .

Нелінійні спотворення ЛТ кількісно визначаються як згасання по другій і третій гармонікам (  $A_{2г}$  ,  $A_{3г}$  ) сигналів розміщених на різних ділянках робочого діапазону частот ЛТ . Як правило частоти та рівні сигналів , а також спосіб вимірювання і норми на  $A_{2г}$  та  $A_{3г}$  вказуються в технічній документації конкретної АСП .

Звичайно  $A_{пг}$  (  $n = 2, 3$  ) для ЛТ АСП досить значні ( до 110 дБ ), із збільшенням довжини ЛТ ( $L$ )  $A_{пг}$  буде зменшуватися на величину  $10 \lg L / L_{\text{норм.}}$

де  $L_{\text{норм.}}$  - довжина ЛТ , для якої нормовані  $A_{пг}$  .

### *Контрольні запитання*

1. Типи каналів і трактів АСП ЧРК.
2. Яка кількість транзитів по ТЧ і ВЧ допускається на різних ділянках первинної мережі (місцевих, внутрішньозонових, магістральних )?
3. Структура типових мережних трактів, формування широкосмугових каналів.
4. Які параметри і характеристики каналів ТЧ та мережних трактів відносяться до основних і які – до додаткових?
5. На які канали ТЧ складаються електричні паспорти?
6. Порядок складань і форма електричного паспорту на канали ТЧ?
7. Які параметри відносяться до параметрів входу і виходу каналів ТЧ та мережних трактів і як вони нормуються?
8. Залишкове загасання каналів ТЧ та мережних трактів, його характеристики і їхнє нормування.
9. азочастотні характеристики каналів ТЧ та мережних трактів, їхнє нормування.
10. Типи завод у каналах ТЧ та мережних трактах і чим вони обумовлені.
11. Яка припустима потужність завод для кабельних гіпотетичних ланцюгів і як вона розподіляється?
12. Які завади відносяться до флюктуаційних і як оцінюється їхня дія в каналах ТЧ та мережних трактах?
13. За рахунок чого виникають селективні завади в каналах ТЧ та мережних трактах і як вони нормуються?
14. За рахунок чого виникають імпульсні завади в каналах ТЧ та мережних трактах і як вони нормуються?
15. Що відноситься до спеціфічних параметрів каналів ТЧ та мережних трактів, за рахунок чого вини виникають і як вони нормуються?
16. За рахунок чого виникають виразні перехідні впливи в каналах ТЧ та мережних трактах і як вони нормуються?
17. Що відноситься до параметрів і характеристик лінійних трактів АСП і як вони визначаються?

*Список рекомендованої літератури.*

1. Бондаренко В.Г. Скрипченко О.М. Параметри і характеристики каналів та трактів аналогових систем передачі. ДУІКТ, К – 2002, 31 с.
2. Бондаренко В.Г. Многоканальные системы передачи первичной сети связи Украины., МС Украины, УМО “Связь Украины”. К – 1994, 50 с.
3. Правила технічної експлуатації первинної мережі ЄНСЗ України . Частина перша. “Основні принципи побудови та організації технічної експлуатації”, КНД – 45 – 140 – 99 К. ДКЗІУ – 2001 80 с.  
Частина друга. Правила технічної експлуатації апаратури, обладнання, трактів і каналів передавання, КНД-45-162-2000 К. ДКЗІУ-2002 108 с.
4. Бондаренко В.Г. Методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни “Технічне обслуговування телекомунікаційних систем та мереж” для студентів 5-го курсу факультету дистанційного та заочного навчання спеціальностей: “Телекомунікаційні системи та мережі” “Інформаційні мережі зв’язку” ДУІКТ – 2000 – 10 с.
5. Бондаренко В.Г., Чупенко А.О. Методичний посібник до лабораторних занять № 1 - 3 з дисципліни “Технічне обслуговування телекомунікаційних систем та мереж “, К. ДУІКТ 2002, 20 с.
6. Бондаренко В.Г. Комплексне завдання з дисципліни “Технічне обслуговування телекомунікаційних систем та мереж” Для студентів 4 курсу ДФН факультетів ТК, ІМЗ ДУІКТ, К-2002, 7 с.
7. Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем та мереж зв'язку. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком “Телекомунікації” з дисципліни ,ТЕСЗ,-К ДУІКТ 2012 р 847с