

**Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України
Адміністрація державної служби спеціального зв'язку та
захисту інформації України**

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

З Б І Р Н И К

МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК ДО

ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ № 1, 2, 3, 4

З ДИСЦИПЛІНИ

**«СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ОРТОГОНАЛЬНИМИ
ГАРМОНІЧНИМИ СИГНАЛАМИ»
(СП ОГС)**

Одеса – 2012

УДК 621.391.28

План НМВ 2012 р.

Укладачі: проф. Балашов В. О., доц. Ляховецький Л. М., ст. викл. Орешков В. І., викл. Барба І. Б., викл. Єгупова О. П.

Відповідальний редактор – доц. Корнейчук В.І.

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри
телекомунікаційних систем
і рекомендовано до друку.

Протокол № 8 від 20.12.2011 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

методичною радою академії
зв'язку.

Протокол № 16 від 23.03.2012 р.

З М І С Т

ЛР № 1

№ 1 «Дослідження інтерференційних завад у системах передачі з ортогональними гармонічними сигналами» – проф. Балашов В. О., доц. Ляховецький Л. М., ст. викл. Орешков В. І., ст. викл. Барба І. Б.

1 Мета роботи	5
2 Ключові положення.....	5
3 Ключові питання	8
4 Домашнє завдання.....	8
5 Лабораторне завдання.....	8
6 Зміст протоколу	11
7 Список літератури	11
8 Додаток А до лабораторної роботи № 1. Опис програмного забезпечення для розрахунку інтерференційних завад	12

З М І С Т

ЛР № 2

№ 2 «Дослідження розподілення інтерференційних завад по несучих СП ОГС у залежності від характеристик каналу зв'язку і параметрів групового сигналу СП ОГС» – проф. Балашов В. О., доц. Ляховецький Л. М., ст. викл. Барба І. Б., викл. Єгупова О.П.

1 Мета роботи	13
2 Ключові положення.....	13
3 Ключові питання	13
4 Домашнє завдання.....	13
5 Лабораторне завдання.....	13
6 Зміст протоколу	16
7 Список літератури	16
8 Додаток А до лабораторної роботи № 2. Опис програмного забезпечення для розрахунку інтерференційних завад	17
9 Додаток Б до лабораторної роботи № 2. Графіки очікуваних результатів досліджень	18

З М І С Т

ЛР № 3

№ 3 «Дослідження тактової синхронізації в СП ОГС» – проф. Балашов В. О., доц. Ляховецький Л. М., викл. Єгупова О. П.

1 Мета роботи	19
2 Ключові положення.....	19
3 Ключові питання	21
4 Домашнє завдання.....	22
5 Лабораторне завдання.....	22
6 Зміст протоколу	23
7 Список літератури	23

З М І С Т

ЛР № 4

№ 4 «Дослідження методів розподілу кількості передаваної інформації і потужності сигналу по несучих СП ОГС» – проф. Балашов В. О., доц. Ляховецький Л. М., ст. викл. Орешков В. І.

1 Мета роботи	24
2 Ключові положення.....	24
3 Ключові питання	30
4 Домашнє завдання.....	30
5 Лабораторне завдання.....	30
6 Зміст протоколу	31
7 Список літератури	31

Лабораторна робота № 1

Дослідження інтерференційних завад у системах передачі з ортогональними гармонічними сигналами

1 Мета роботи

Дослідити залежність інтерференційних завад від характеристик каналу зв'язку і параметрів групового сигналу СП ОГС.

2 Ключові положення

Інтерференційні завади в СП ОГС

Як відомо, сигнал на виході передавача СП ОГС складається з множини елементарних сигналів – посилок (символів), передаваних послідовно у часі. Внаслідок проходження сигналу СП ОГС через канал зв'язку сигнал кожної послілки спотворюється, в результаті чого сигнали посилок втрачають взаємну ортогональність. У часовій області це проявляється збільшенням тривалості сигналу кожної послілки, що призводить до взаємного «накладання» сигналів сусідніх посилок. Таким чином, сигнал однієї послілки може стати джерелом завади для сигналу іншої послілки, що передається на тій самій несучій. Це явище називають міжсимвольною інтерференцією. Через втрату ортогональності між сигналами різних несучих відбувається також вплив сигналу однієї несучої (каналу) на сигнал іншої несучої (каналу) – це явище називають міжканальною інтерференцією.

Для боротьби з інтерференційними завадами в СП ОГС тривалість тактового інтервалу T (тривалість передаваної елементарної послілки) вибирається трохи більшою за тривалість інтервалу ортогональності τ_0 . Їхня різниця становить захисний часовий інтервал τ_3 між послідовно передаваними одиничними елементами групового сигналу, що вводиться з метою підвищення завадозахищеності сигналів СП ОГС від інтерференційних завад.

Розглянемо докладніше призначення захисного інтервалу, скориставшись для цього ілюстраціями до алгоритмів формування і демодуляції сигналів СП ОГС, поданими на рис. 2.1.

На рис. 1.1, *a* подано часову діаграму послідовності з трьох посилок групового сигналу: p -ї, $(p + 1)$ -ї та $(p + 2)$ -ї. Тривалості посилок $T = \tau_0 + \tau_3$.

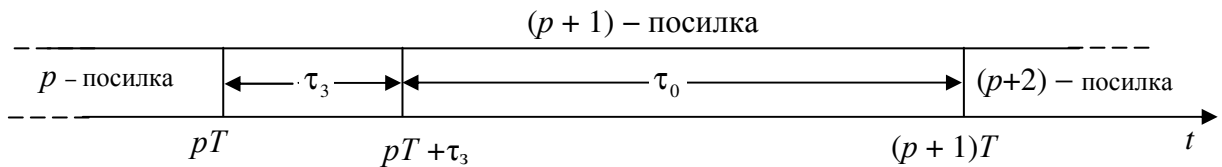
На рис. 1.1, *б* подано графіки двох сигналів: $\sin 4\omega_0 t$ і $\sin 5\omega_0 t$. Пунктиром на графіках позначено сигнали, доповнені на захисному інтервалі. Межі посилок є моментами модуляції (для спрощення рисунку розглядається випадок, коли амплітуда сигналу не змінюється, – тобто випадок фазової модуляції).

У приймачі демодуляція групового сигналу здійснюється на інтервалі, дорівнюваному тривалості інтервалу ортогональності τ_0 . За приймання

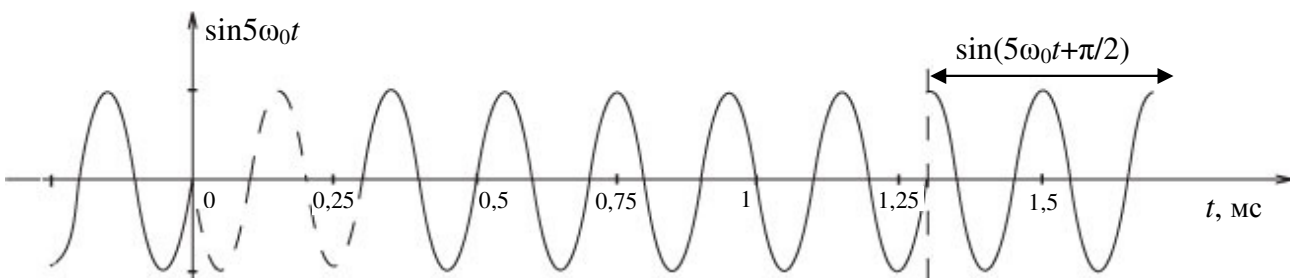
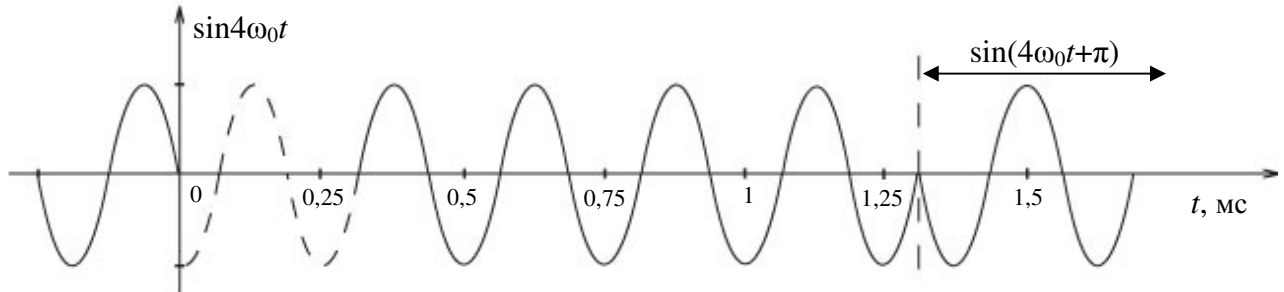
неспотвореного сигналу (1.1, б) інтервал оброблення групового сигналу може займати довільні положення в межах інтервалу T (рис. 1.1, д, розташування інтервалу інтегрування 1, 2). При цьому змінюється початкова фаза демодульованих сигналів, але інтерференційних завад не виникає, тому що сигнали-носії зберігають ортогональність. Якщо ж інтервал інтегрування займає положення 3 (рис. 1.1, д), то неминуче виникають інтерференційні завади, оскільки в інтервал оброблення (інтегрування) потрапляють відліки з наступної $(p+2)$ -ї послідовності.

На рис. 1.1, в умовно показано сигнал $s(t) = \sin 4\omega_0 t$, $pT \leq t < (p+1)T$, що пройшов через канал зв'язку з імпульсною реакцією (характеристикою) тривалістю $t_{ip} = 0,3125$ мс. Сигнал спотворився: у нього з'явилася переддія тривалістю t_{ip} і такої самої тривалості післядія. Сумарна тривалість сигналу на виході каналу (вході приймача) збільшилася також на t_{ip} . Унаслідок цих лінійних спотворень сигнали-несучі групового сигналу, які прямують один за одним, перекриваються, і їх приймання без міжсимвольної інтерференційної завади можливе лише за умови: $t_{ip} < T - \tau_0$. Але при цьому для відсутності інтерференційної завади необхідно обирати розташування інтервалу інтегрування певним чином. Для варіанту рис. 1.1, в інтерференційна завада буде відсутня лише за положення 2 (рис. 1.1, д).

Різні сигнали-несучі групового сигналу, проходячи різними частотними діапазонами каналу зв'язку, зазнають різної часової затримки внаслідок нерівномірності характеристики групового часу проходження (ГЧП). На рис. 1.1, г умовно зображено сигнал $s(t)$, що становить собою спотворену внаслідок проходження через канал зв'язку синусоїду $\sin 5\omega_0 t$, $pT \leq t < (p+1)T$. Розглянемо випадок, коли затримка цього сигналу в каналі зв'язку перевищує затримку спотвореної синусоїди $\sin 4\omega_0 t$, $pT \leq t < (p+1)T$, на інтервал часу t_3 , тобто на виході каналу зв'язку спотворену синусоїду $\sin 5\omega_0 t$ затримано відносно спотвореної синусоїди $\sin 4\omega_0 t$ на t_3 . Як видно з рис. 1.1, в, г та д, для двох розглянутих сигналів не існує спільного інтервалу інтегрування, на якому ці сигнали були б неспотворені, а отже й ортогональні. Внаслідок цього в обох каналах, поряд з міжсимвольними, породжуються також і міжканальні інтерференційні завади. Величини цих завад визначаються конкретними параметрами сигналів і частотною характеристикою каналу зв'язку.



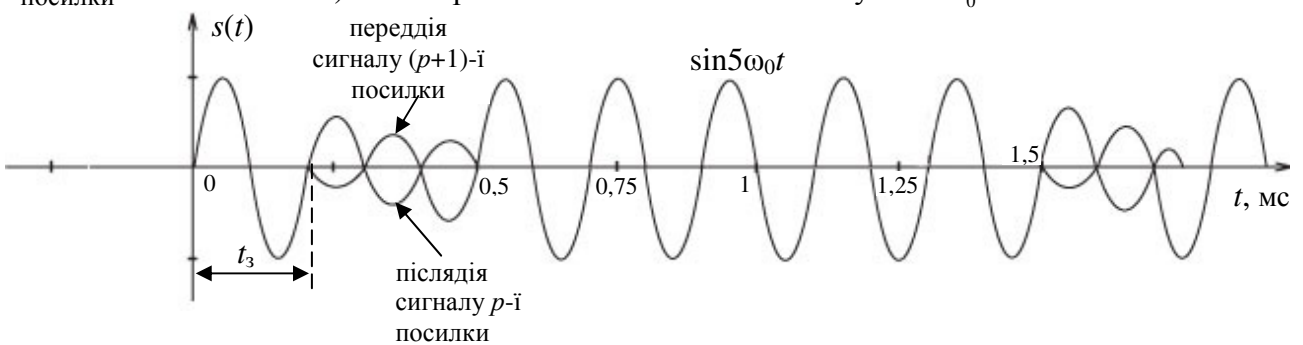
а) Часові співвідношення в груповому сигналі



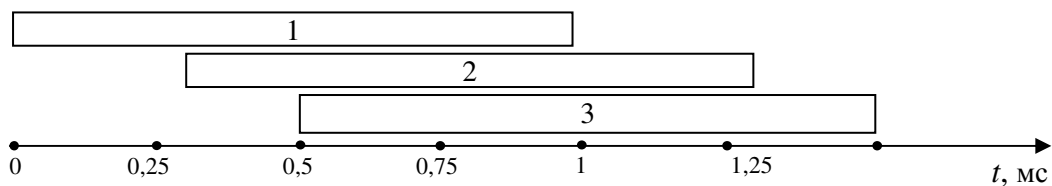
б) Неспотворені модульовані сигнали $\sin 4\omega_0 t$ і $\sin 5\omega_0 t$



в) Спотворена каналом послілка сигналу $\sin 4\omega_0 t$



г) Спотворена каналом і затримана на t_3 послілка сигналу $\sin 5\omega_0 t$



д) Розташування інтервалів інтегрування

Рисунок 1.1 – Ілюстрації до алгоритмів формування і демодуляції групового сигналу СП ОГС

3 Ключові питання

1. У чому полягають причини виникнення інтерференційних завад?
2. Що таке міжсимвольна і міжканальна інтерференція?
3. Як зміниться величина інтерференційних завад при збільшенні тривалості захисного інтервалу?
4. Яке співвідношення повинно бути між тривалістю захисного інтервалу і тривалістю імпульсної реакції, щоб інтерференційна завада дорівнювала нулю?
5. Тривалість імпульсної реакції дорівнює тривалості захисного інтервалу. При якому розташуванні інтервалу інтегрування у приймачі інтерференційна завада буде дорівнювати нулю?
6. Як змінюється рівень інтерференційних завад при зростанні лінійних спотворень каналу зв'язку?

4 Домашнє завдання

Виходячи з ключових положень та дослідивши рис. 1.1, визначити для розглянутого у ключових положеннях прикладу наступні параметри:

- тривалість захисного інтервалу τ_3 (бригади № 4 – 8);
- тривалість інтервалу ортогональності τ_0 (бригади № 1 – 4);
- тривалість тактового інтервалу T (бригади № 1, 2, 7, 8);
- частоту ω_0 (бригади № 3 - 6).

Скільки періодів сигналів $\sin 4\omega_0 t$ і $\sin 5\omega_0 t$ міститься на інтервалі ортогональності? Чому при прийманні сигналу $\sin 4\omega_0 t$ (рис. 1.1, в) інтерференційна завада буде відсутня лише при положенні 2 (рис. 1.1, д) інтервалу інтегрування?

5 Лабораторне завдання

5.1 Параметри каналу передавання і параметри групового сигналу СП ОГС і обираються з табл. 1.1.

5.2 Згідно з вихідними даними розрахувати відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу у 100-му каналі СП ОГС.

Примітка. Серед вихідних даних програми розрахунку інтерференційних завад є файл імпульсної реакції (див. додаток А). Відповідно, перш ніж приступити до розрахунку інтерференційних завад, необхідно спочатку визначити імпульсну реакцію заданого каналу зв'язку.

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 1.2.

5.3 Згідно з даними табл. 1.1 розрахувати відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу у 100-му каналі СП ОГС для довжин кабелю 1; 2; 3; 4 км. Зробити висновки.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для дослідження

п / № бригади	Діаметр жил кабелю	Довжина кабелю, км	Кількість відліків імпульсної реакції	Кількість відліків інтервалу ортогональності	Кількість відліків захисного інтервалу	Номер першого інформаційного каналу	Кількість інформаційних каналів
1	0,32	1,5	59	512	32	15	157
2	0,4	1,5	85	512	64	10	210
3	0,5	1,5	96	512	32	19	205
4	0,64	1,5	71	512	128	36	178
5	0,32	2,5	68	512	64	9	184
6	0,4	2,5	97	512	32	17	195
7	0,5	2,5	58	512	128	24	183
8	0,64	2,5	64	512	64	28	194

Таблиця 1.2 – Значення параметра lt

п / № бригади	Значення параметру lt
1	29
2	42
3	32
4	35
5	33
6	32
7	28
8	31

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Значення параметра lt

п / № бригади	Параметр lt			
	Довжина кабелю, км			
	1	2	3	4
1	28	29	35	23
2	42	42	42	23
3	32	28	33	21
4	35	35	35	43
5	33	33	15	23
6	32	32	34	23
7	28	28	14	21
8	31	31	13	43

5.4 Згідно з даними табл. 1.1 розрахувати відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу у 100-му каналі СП ОГС для діаметрів жил кабелю 0,32; 0,4; 0,5 і 0,64 мм. Зробити висновки.

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Значення параметра lt

п / № бригади	Параметр lt			
	Діаметр жил кабелю, мм			
	0,32	0,4	0,5	0,64
1	29	29	29	29
2	36	42	38	38
3	32	32	32	32
4	35	32	28	35
5	33	33	33	33
6	32	32	32	32
7	28	9	28	28
8	31	10	31	31

5.5 Зменшити у 2 рази тривалість (кількість відліків) захисного інтервалу порівняно з даними табл. 1.1. Залишаючи незмінними інші вихідні дані табл. 5.1, розрахувати значення відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу у 100-му каналі СП ОГС. Порівняти отримане значення при початковій кількості і зменшеній кількості відліків захисного інтервалу. Зробити висновки.

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Значення параметра lt при зменшеній у 2 рази кількості відліків захисного інтервалу

п / № бригади	Значення параметра lt
1	17
2	32
3	17
4	35
5	32
6	28
7	28
8	31

5.6 Результати виконання лабораторного завдання внести у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Результати лабораторного дослідження

п / № бригади	Відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу у 100-му каналі СП ОГС									
	Результати п. 5.2 лабораторного завдання	Результати п. 5.3 лабораторного завдання				Результати п. 5.4 лабораторного завдання				Результати п. 5.5 лабораторного завдання
		1 км	2 км	3 км	4 км	0,32 мм	0,4 мм	0,5 мм	0,64 мм	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

6 Зміст протоколу

6.1 Тема та мета лабораторної роботи.

6.2 Результати виконання домашнього завдання.

6.3 Результатами виконання пп. 5.2 – 5.5 лабораторного завдання – заповнена табл. 1.6.

6.4 Висновки за результатами виконання роботи.

7 Список літератури

7.1 Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник / В.А. Балашов, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий. – М.: Эко-Трендз, 2009.

7.2. Балашов В.О. Мережі та обладнання широкосмугового доступу за технологіями xDSL: Навч. посіб. для студентів з напрямку підготовки «Телекомунікації» / [В.О. Балашов, П.П. Воробиенко, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецький]. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 206 с.

8 Додаток А до лабораторної роботи № 1

Опис програмного забезпечення для розрахунку інтерференційних завад

Вікно програмного забезпечення для розрахунку інтерференційних завад зображено на рис. А.1. Для здійснення розрахунку інтерференційних завад у цьому вікні необхідно задати вихідні дані.

Вихідними даними для розрахунку інтерференційних завад є:

- файл імпульсної реакції заданого каналу зв'язку;
- кількість відліків інтервалу ортогональності N ;
- кількість інформаційних каналів n ;
- номер першого інформаційного каналу m ;
- кількість відліків захисного інтервалу L ;
- номер відліку початку інтегрування lt ;
- номер досліджуваного каналу k .

Програма розрахунку інтерференційних завад

N-кількість відліків інтервалу ортогональності	lt-номер відліку початку інтегрування
<input type="text" value="512"/>	<input type="text" value="32"/>
n-кількість інформаційних каналів	Ім'я файлу імпульсної реакції
<input type="text" value="206"/>	<input type="text" value="IR_04_3.txt"/>
m-номер першого інформаційного каналу	k-номер досліджуваного каналу
<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="100"/>
L-кількість відліків захисного інтервалу	
<input type="text" value="32"/>	
Ім'я файлу розрахованих значень відношення завада/сигнал	
<input type="text" value="TEST.txt"/>	

Значення відношення завада/сигнал у k-му каналі, %

Рисунок А.1 - Вікно програми розрахунку інтерференційних завад

Лабораторна робота № 2

Дослідження розподілення інтерференційних завад по несучих СП ОГС у залежності від характеристик каналу зв'язку і параметрів групового сигналу СП ОГС

1 Мета роботи

Дослідити розподілення інтерференційних завад по несучих СП ОГС у залежності від характеристик каналу зв'язку і параметрів групового сигналу СП ОГС.

2 Ключові положення

Див. ключові положення до лабораторної роботи №1.

3 Ключові питання

Див. ключові питання до лабораторної роботи №1.

4 Домашнє завдання

Виходячи з ключових положень та дослідивши рис. 1.1 ключових положень до лабораторної роботи №1, визначити для розглянутого у ключових положеннях прикладу наступні параметри:

- тривалість захисного інтервалу τ_3 (бригади № 1 – 4);
- тривалість інтервалу ортогональності τ_0 (бригади № 5 – 8);
- тривалість тактового інтервалу T (бригади № 3 – 6);
- частоту ω_0 (бригади № 1, 2, 7, 8).

Скільки періодів сигналів $\sin 4\omega_0 t$ і $\sin 5\omega_0 t$ міститься на інтервалі ортогональності? Чому при прийманні сигналу $\sin 4\omega_0 t$ (рис. 1.1, в) інтерференційна завада буде відсутня лише при положенні 2 (рис. 1.1, д) інтервалу інтегрування?

5 Лабораторне завдання

5.1 Параметри каналу передавання і параметри групового сигналу СП ОГС і обираються з табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для дослідження

п / № бригади	Діаметр жил кабелю	Довжина кабелю, км	Кількість відліків імпульсної реакції	Кількість відліків інтервалу ортогональності	Кількість відліків захисного інтервалу	Номер першого інформаційного каналу	Кількість інформаційних каналів
1	0,32	1,5	59	512	32	15	157
2	0,4	1,5	85	512	64	10	210
3	0,5	1,5	96	512	32	19	205
4	0,64	1,5	71	512	128	36	178
5	0,32	2,5	68	512	64	9	184
6	0,4	2,5	97	512	32	17	195
7	0,5	2,5	58	512	128	24	183
8	0,64	2,5	64	512	64	28	194

5.2 Згідно з вихідними даними розрахувати та дослідити графік залежності відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу від номера каналу СП ОГС.

Примітка. Серед вихідних даних програми розрахунку інтерференційних завад є файл імпульсної реакції (див. додаток А). Відповідно, перш ніж приступити до розрахунку інтерференційних завад, необхідно спочатку визначити імпульсну реакцію заданого каналу зв'язку.

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення параметра lt

п / № бригади	Значення параметра lt
1	29
2	42
3	32
4	35
5	33
6	32
7	28
8	31

5.3 Згідно з даними табл. 2.1 побудувати сімейство кривих залежності відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу від номера каналу СП ОГС для довжин кабелю 1; 2; 3; 4 км. Зробити висновки.

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення параметра lt

п / № бригади	Параметр lt			
	Довжина кабелю, км			
	1	2	3	4
1	28	32	35	47
2	42	42	42	42
3	32	32	33	33
4	35	35	35	35
5	33	33	34	34
6	32	33	35	37
7	28	30	33	35
8	31	33	33	34

5.4 Згідно з даними табл. 2.1 побудувати сімейство кривих залежності відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу від номера каналу СП ОГС для діаметрів жил кабелю 0,32; 0,4; 0,5 і 0,64 мм. Зробити висновки.

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення параметра lt

п / № бригади	Параметр lt			
	Діаметр жил кабелю, мм			
	0,32	0,4	0,5	0,64
1	28	29	29	29
2	37	42	42	42
3	32	32	32	34
4	35	35	35	35
5	33	33	33	33
6	32	32	32	32
7	35	33	28	30
8	31	31	31	31

5.5 Зменшити у 2 рази тривалість (кількість відліків) захисного інтервалу порівняно з даними табл. 2.1. Залишаючи незмінними інші вихідні дані табл. 2.1, розрахувати залежність відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу від номера каналу СП ОГС. Побудувати в одній системі координат графіки цієї залежності для початкової і для зменшеної кількості відліків захисного інтервалу. Зробити висновки.

Номер відліку початку інтегрування lt обирається для кожного розрахунку з табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Значення параметра lt при зменшеній у 2 рази кількості відліків захисного інтервалу

п / № бригади	Значення параметра lt
1	17
2	32
3	17
4	35
5	32
6	28
7	30
8	31

6 Зміст протоколу

6.1 Тема та мета лабораторної роботи.

6.2 Результати виконання домашнього завдання.

6.3 Графіки залежностей за результатами виконання пп. 5.2 – 5.5 лабораторного завдання.

6.4 Висновки за результатами виконання роботи.

7 Список літератури

7.1 Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник / В.А. Балашов, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий. – М.: Эко-Трендз, 2009.

7.2. Балашов В.О. Мережі та обладнання широкосмугового доступу за технологіями xDSL: Навч. посіб. для студентів з напрямку підготовки «Телекомунікації» / [В.О. Балашов, П.П. Воробиенко, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецький].–, Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 206 с.

8 Додаток А до лабораторної роботи № 2

Опис програмного забезпечення для розрахунку інтерференційних завад

Вікно програмного забезпечення для розрахунку інтерференційних завад зображено на рис. А.1. Для здійснення розрахунку інтерференційних завад у цьому вікні необхідно задати вихідні дані.

Вихідними даними для розрахунку інтерференційних завад є:

- файл імпульсної реакції заданого каналу зв'язку;
- кількість відліків інтервалу ортогональності N ;
- кількість інформаційних каналів n ;
- номер першого інформаційного каналу m ;
- кількість відліків захисного інтервалу L ;
- номер відліку початку інтегрування lt ;
- назва файла розрахованих значень відношення потужності інтерференційних завад до потужності сигналу.

Програма розрахунку інтерференційних завад

N-кількість відліків інтервалу ортогональності: 512

lt-номер відліку початку інтегрування: 60

n-кількість інформаційних каналів: 205

Ім'я файлу імпульсної реакції: IR_05_02.txt

m-номер першого інформаційного каналу: 10

L-кількість відліків захисного інтервалу: 100

Ім'я файлу розрахованих значень відношення завада/сигнал: interf_05_02.txt

Розрахунок

Вихід

Рисунок А.1 - Вікно програми розрахунку інтерференційних завад

9 Додаток Б до лабораторної роботи № 2

Графіки очікуваних результатів досліджень

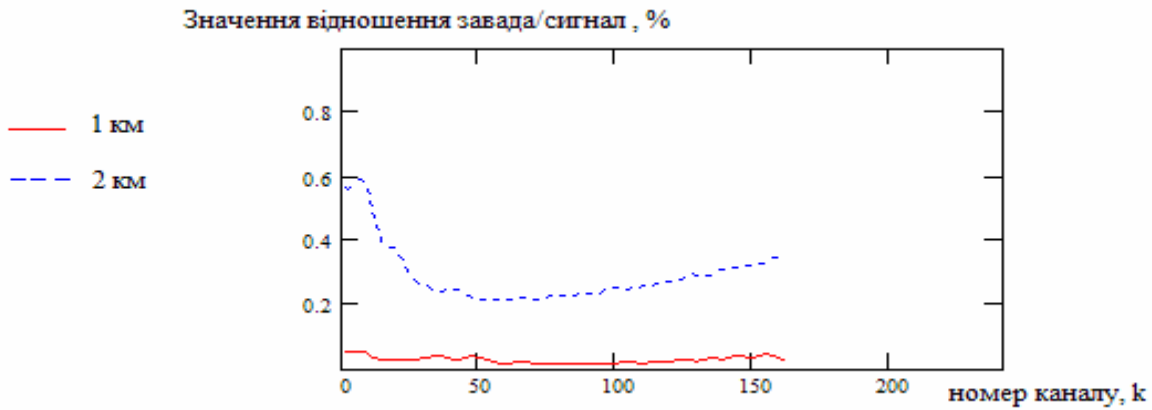


Рисунок Б.1 - Графіки очікуваних результатів досліджень для кабелю довжиною 1 та 2 км

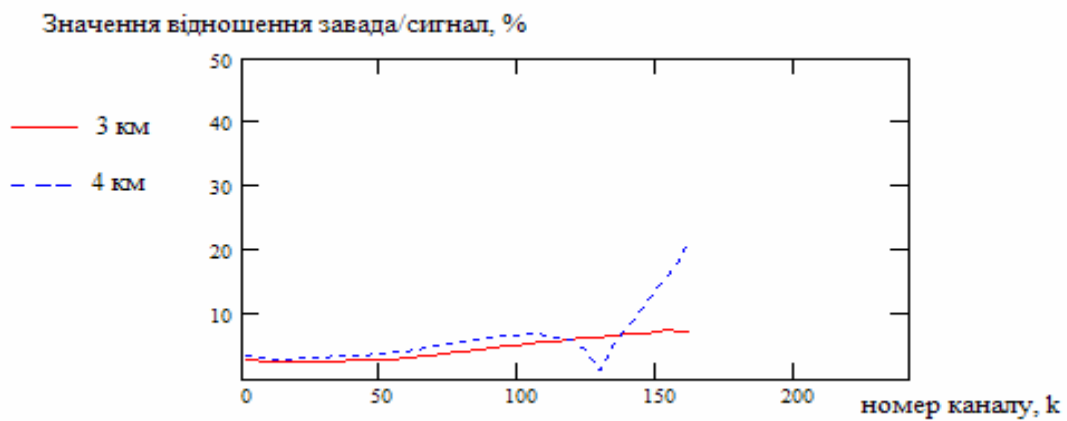


Рисунок Б.2 - Графіки очікуваних результатів досліджень для кабелю довжиною 3 та 4 км

Лабораторна робота № 3

Дослідження тактової синхронізації в СП ОГС

1 Мета роботи

Дослідити залежність інтерференційних завад в СП ОГС від положення інтервалу інтегрування в приймачі і залежність оптимального положення інтервалу інтегрування в приймачі від характеристик каналу зв'язку.

2 Ключові положення

Системи тактової синхронізації (СТС) СП ОГС мають низку специфічних особливостей. Деякі СТС використовують спеціальний канал синхронізації, яким передається сигнал з амплітудною або фазовою модуляцією. Така СТС забезпечує визначення границь між елементарними послідовностями сигналів, але має низку недоліків. По-перше, спеціальний сигнал синхронізації піддається в каналі зв'язку фазовим спотворенням, що відрізняються від спотворень інформаційного сигналу. Тому положення виділеного синхроімпульсу може не співпадати з границями посилок інформаційного сигналу. По-друге, для організації каналу синхронізації необхідні додаткові витрати потужності сигналу, а також виділення смуги частот. Нарешті, канал синхронізації є джерелом додаткових завад для інформаційних каналів. Із цих причин спеціальні канали синхронізації практично не використовуються.

Широке застосування в СП ОГС знайшов спосіб виділення інформації про границі посилок сигналу безпосередньо з інформаційного сигналу. Він ґрунтується на вимірюванні інтерференційних завад, що породжуються лінійними спотвореннями групового сигналу, в інформаційному каналі або каналі, що спеціально організується. При ідеальній роботі пристроїв розділення каналів і відсутності спотворень групового сигналу інтерференційні завади на виходах кореляторів дорівнюють нулю. Лінійні спотворення групового сигналу викликають інтерференційні завади в каналі синхронізації. **Задача СТС полягає у виборі такого положення інтервалу інтегрування, при якому інтерференційна завада буде мінімальною.** У якості каналу синхронізації, в якому вимірюється інтерференційна завада, частіше за все використовують вільні від передавання інформаційні канали, розташовані в робочій смузі СП ОГС.

У виділеному каналі синхронізації (у подальшому будемо вважати, що інформація у цьому каналі не передається) на кожному тактовому інтервалі вимірюється величина інтерференційної завади, що становить собою суму міжканальних і міжсимвольних завад, які викликані порушенням ортогональності:

$$\xi_i(t_c) = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, \quad (3.1)$$

де

$$x_i(t_c) = \int_{t_c+iT}^{t_c+iT+\tau_0} s(t) \cos \omega_c t dt,$$

$$y_i(t_c) = \int_{t_c+iT}^{t_c+iT+\tau_0} s(t) \sin \omega_c t dt, \quad 0 < t_c < T,$$

t_c – інтервал часу, на який зсунуто початок кореляційного оброблення відносно границь тактового інтервалу;

ω_c – тактова частота каналу синхронізації.

Вимірня випадкова величина (3.1) усереднюється за множиною реалізацій

$$B(t_c) = M(\xi_i(t_c)), \quad (3.2)$$

де M – математичне очікування випадкової величини.

Величина $B(t_c)$, таким чином, становить собою ефективне значення завади при положенні тактової синхронізації, визначеному параметром t_c .

Задачею СТС є мінімізація $B(t_c)$ вибором оптимального параметра t_c

$$B = \min[B(t_c)].$$

З метою побудови замкненої системи тактової синхронізації крім завади (3.2) вимірюються завади у зсунуті моменти часу (рис. 3.1):

$$A = B(t_c - \nu),$$

$$C = B(t_c + \nu), \quad 0 < \nu \leq \frac{T - \tau_0}{2},$$

де $T - \tau_0 = T_3$ – тривалість захисного інтервалу.

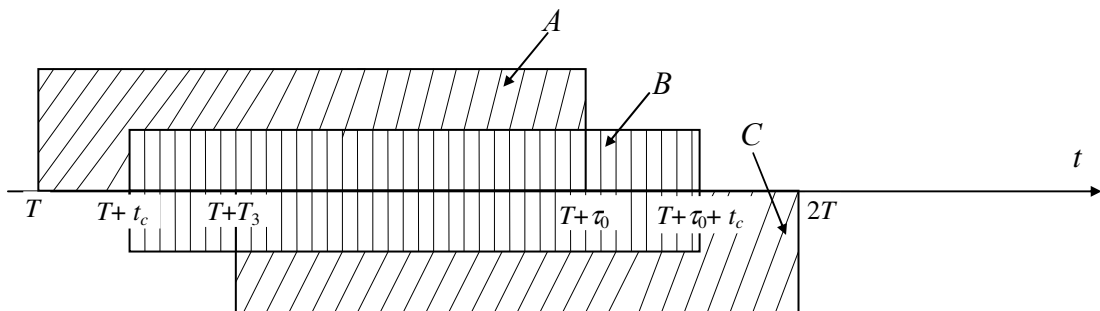


Рисунок 3.1 - Положення інтервалів інтегрування відносно границь одиничної посилки

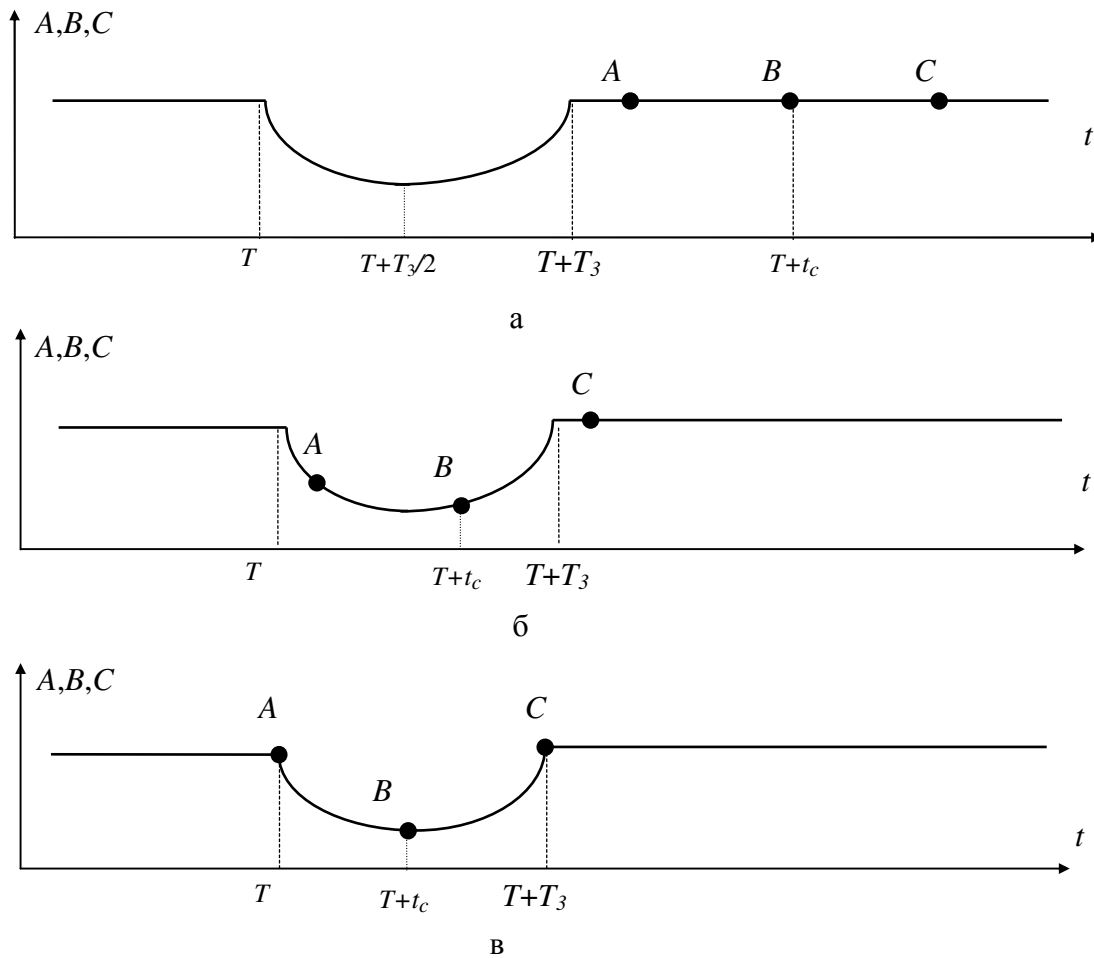


Рисунок 3.2 - Ілюстрація до роботи систем тактової синхронізації

Величини A , B , C дозволяються визначати не тільки оптимальне положення тактової синхронізації, але й напрямок зсувння границь інтегрування.

Дійсно, (рис. 3.2), значення величин A , B , C залежать від положення інтервалу інтегрування відносно границь елементарних посилок (тактових моментів). Оптимальним є таке положення інтервалу інтегрування, при якому $B < A$, $B < C$ і при цьому $B < P$ – певного порогу, що обмежує максимально припустимий рівень інтерференційних завад.

3 Ключові питання

1. В чому полягає задача системи тактової синхронізації (СТС) в СП ОГС?
2. У якій смузі частот організується канал синхронізації СП ОГС?
3. Чому в різних каналах СП ОГС мінімальні інтерференційні завади досягаються при різних положеннях інтервалу інтегрування?

4 Домашнє завдання

Ознайомитися з ключовими положеннями та відповіді на ключові питання.

5 Лабораторне завдання

5.1 Параметри каналу передавання і параметри групового сигналу СП ОГС обираються з табл. 3.1.

5.2 Згідно з вихідними даними для довжини кабелю 1 км визначити оптимальне положення інтервалу інтегрування в приймачі, за якого середнє по каналах СП ОГС відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу набуває мінімального значення. Це можна здійснити за допомогою програми розрахунку оптимального значення lt . Розрахувати відповідну знайденому lt залежність відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу від номера інформаційного каналу. Розрахувати таку саму залежність при зменшеному на 10 відліків та збільшеному на 10 відліків значенні lt (по відношенню до оптимального). Побудувати графіки трьох отриманих залежностей в одній системі координат.

5.3 Повторити дії п. 5.2 для довжини кабелю 4 км.

5.4 Для інформаційних каналів з номерами 50, 100 і 150 за допомогою програми в папці «ЛР інтерференція один канал» при вихідних даних, заданих в табл. 3.1, визначити відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу для $lt = 20...70$.

Побудувати в одній системі координат для інформаційних каналів з номерами 50, 100 і 150 графіки залежності відношення потужності інтерференційної завади до потужності сигналу від lt (по 3 криві для довжин 1 і 4 км).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для дослідження

п / № бригади	Діаметр жил кабелю	Довжина кабелю, км	Кількість відліків імпульсної реакції	Кількість відліків інтервалу ортогональності	Кількість відліків захисного інтервалу	Номер першого інформаційного каналу	Кількість інформаційних каналів
1	0,32	1; 2; 3; 4	150	512	32	15	157
2	0,4	1; 2; 3; 4	150	512	64	10	210
3	0,5	1; 2; 3; 4	150	512	32	19	205
4	0,64	1; 2; 3; 4	150	512	128	36	178
5	0,32	1; 2; 3; 4	150	512	64	9	184
6	0,4	1; 2; 3; 4	150	512	32	17	195
7	0,5	1; 2; 3; 4	150	512	128	24	183
8	0,64	1; 2; 3; 4	150	512	64	28	194

6 Зміст протоколу

- 6.1 Тема та мета лабораторної роботи.
- 6.2 Відповіді на ключові питання.
- 6.3 Результати виконання лабораторного завдання.
- 6.3 Висновки за результатами виконання роботи.

7 Список літератури

7.1 Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник / В.А. Балашов, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий. – М.: Эко-Трендз, 2009.

7.2. Балашов В.О. Мережі та обладнання широкопосмугового доступу за технологіями xDSL: Навч. посіб. для студентів з напрямку підготовки «Телекомунікації» / [В.О. Балашов, П.П. Воробиенко, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецький].–, Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 206 с.

Лабораторна робота № 4

Дослідження методів розподілу кількості передаваної інформації і потужності сигналу по несучих СП ОГС

1 Мета роботи:

- розрахувати оптимальні розподіли кількості передаваної інформації і потужності по несучих СП ОГС для різних каналів зв'язку;
- порівняти швидкість передавання, досягну при оптимальних розподілах, зі швидкістю передавання, досягну при рівномірному розподілі потужності по несучих СП ОГС.

2 Ключові положення

2.1 Оптимальний спектр сигналу при передаванні смугообмеженим каналом зв'язку з лінійними спотвореннями і адитивним шумом

СП ОГС дозволяють досить просто зреалізувати різні стратегії оптимізації спектра групового сигналу й досягти високої ефективності використання смуги частот каналів зв'язку, що особливо важливо при передаванні каналами з ненормованими й нестабільними характеристиками.

До основних завдань оптимізації належить завдання пошуку оптимальної форми спектра передаваного сигналу $s(t)$, за якої швидкість передавання інформації смугообмеженим каналом зв'язку з функцією спектральної густини потужності шуму $N(\omega)$ і передатною функцією (ПФ) $H(i\omega)$ досягає максимуму.

Оптимальний спектр $S(\omega)$ потужності сигналу визначається формулою:

$$S(\omega) = \begin{cases} B - \frac{N(\omega)}{H^2(\omega)}; & \omega \in \Omega_B, \\ 0; & \omega \notin \Omega_B, \end{cases} \quad (4.1)$$

де Ω_B – область частот, для якої спектральна густина потужності приведенного до входу каналу зв'язку шуму (еквівалентного шуму) $N(\omega)/H^2(\omega) < B$, а B є розв'язанням рівняння

$$P = \int_{\omega \in \Omega_B} \left[B - \frac{N(\omega)}{H^2(\omega)} \right] d\omega$$

де P – потужність передаваного сигналу $s(t)$.

На рис. 4.1 наведено графічну інтерпретацію розв'язання (4.1) задачі оптимізації спектра передаваного сигналу: на тих частотах, де спектральна густина потужності еквівалентного шуму $n(\omega) = N(\omega)/H^2(\omega)$ є менша за константу, оптимальний спектр потужності $S(\omega)$ доповнює спектр потужності еквівалентного шуму до константи. На інших частотах $S(\omega) = 0$. Наочною фізичною інтерпретацією розв'язання цієї задачі є заповнення потужністю сигналу $S(\omega)$ (водою) посудини, форма дна якої визначається кривою

еквівалентного шуму. З цієї причини оптимальне розв'язання дістало назву «принцип заповнення водою».

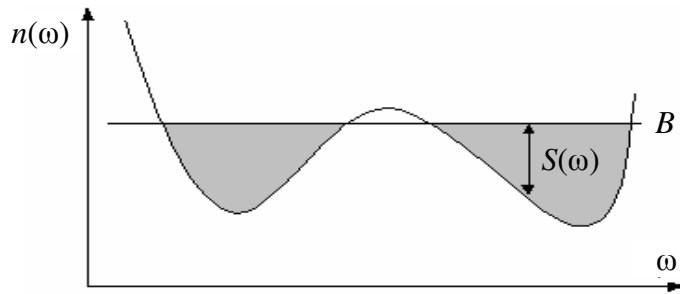


Рисунок 4.1 – Розподіл спектра потужності сигналу згідно з принципом «заповнення водою»

Реалізація цього принципу в СП ОГС дозволяє оптимізувати не тільки спектр групового сигналу, але й розподіл передаваної каналами СП ОГС інформації. Приймач СП ОГС на етапі ініціалізації визначає відношення сигнал/шум на вході й за спеціальними алгоритмами обчислює потужність і вид сигнального сузір'я для кожного сигналу-носія й передає цю інформацію на передавальний бік. Унаслідок кількість бітів передаваної інформації й потужність передавача розподіляються по несучих сигналах в оптимальний (за заданим критерієм) спосіб (див. рис. 4.2).

Оптимізація параметрів групового сигналу може провадитися за різними критеріями й з різними додатковими умовами. Мають сенс наступні задачі оптимізації: максимізація швидкості передавання при заданій потужності передаваного сигналу, мінімізація потужності передаваного сигналу при заданій швидкості передавання інформації, а також мінімізація займаної груповим сигналом СП ОГС смуги частот при заданій швидкості передавання інформації й обмеженні потужності передаваного групового сигналу.

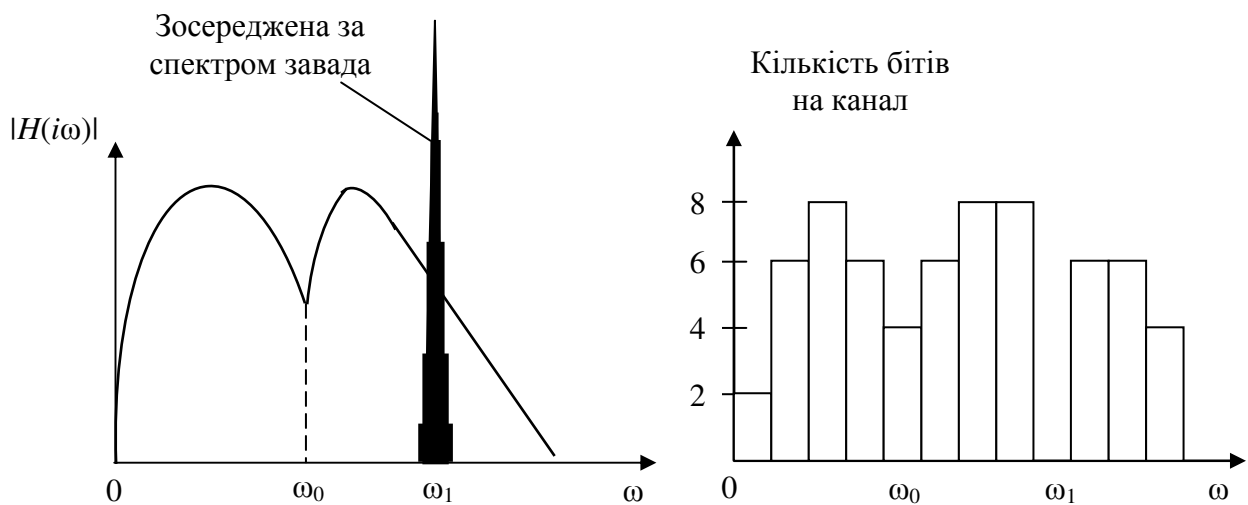


Рисунок 4.2 – Залежність швидкості передавання по каналах СП ОГС від АЧХ каналу зв'язку і потужності завад

У даній лабораторній роботі застосовується програмне забезпечення, що реалізує принцип «заповнення водою» в СП ОГС, оптимізуючи розподіл кількості передаваної інформації і потужності по несучих СП ОГС.

З метою дослідження ефективності алгоритму максимізації швидкості передавання було розроблено математичну модель, що містить модель каналу зв'язку з лінійними частотними спотвореннями і адитивним шумом, модель СП ОГС і власне алгоритм оптимізації. Канал зв'язку задавався імпульсною реакцією, що відповідає стандартному каналу тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц) з кількістю переприймальних ділянок 3 і 12 (рис. 4.3 – 4.4). Відповідні АЧХ подано на рис. 4.5 – 4.6. Сумарна потужність передаваного групового сигналу вважається рівною 100 умовних одиниць потужності, а потужність білого гаусівського адитивного шуму задавалася за допомогою захищеності сигналу від шуму на вході приймача. Результати моделювання алгоритму на ПЕВМ для $n=256$ при захищеності $A = 30$ дБ і ймовірності помилки на вході приймача $p=10^{-5}$, подані на рис. 4.7 – 4.10, показали, що займана груповим сигналом ширина смуги частот і досяжна сумарна швидкість передавання при роботі по КТЧ з 3-ма переприйомами є вищою, ніж по КТЧ з 12-а переприйомами. Потужність M у кожному каналі СП ОГС (див. рис. 4.9 – 4.10) визначається швидкістю передавання в цьому каналі (див. рис. 4.7 – 4.8) і значенням АЧХ на частоті цього каналу.

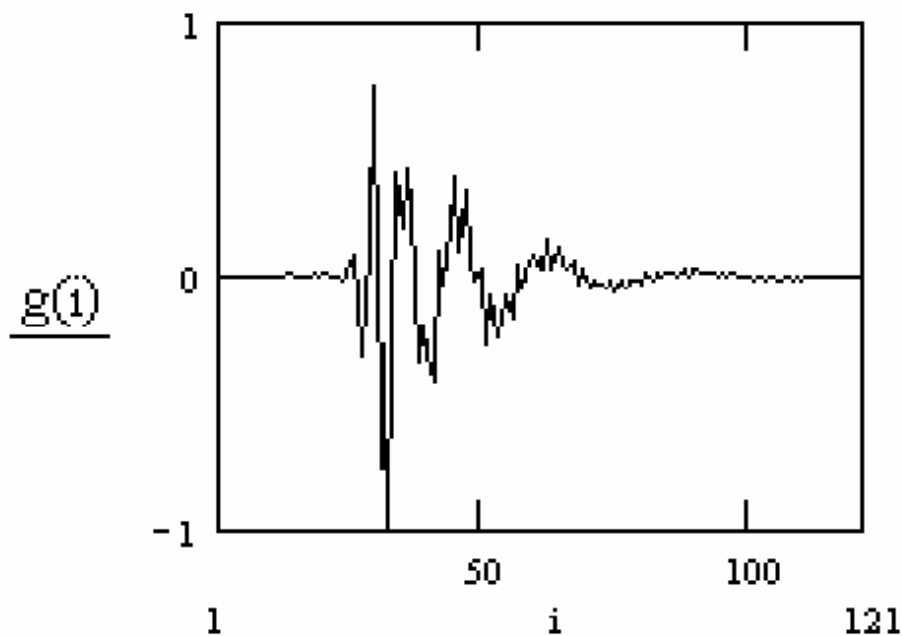


Рисунок 4.3 - Імпульсна реакція КТЧ з 3-ма переприйомами (i – номер відліку)

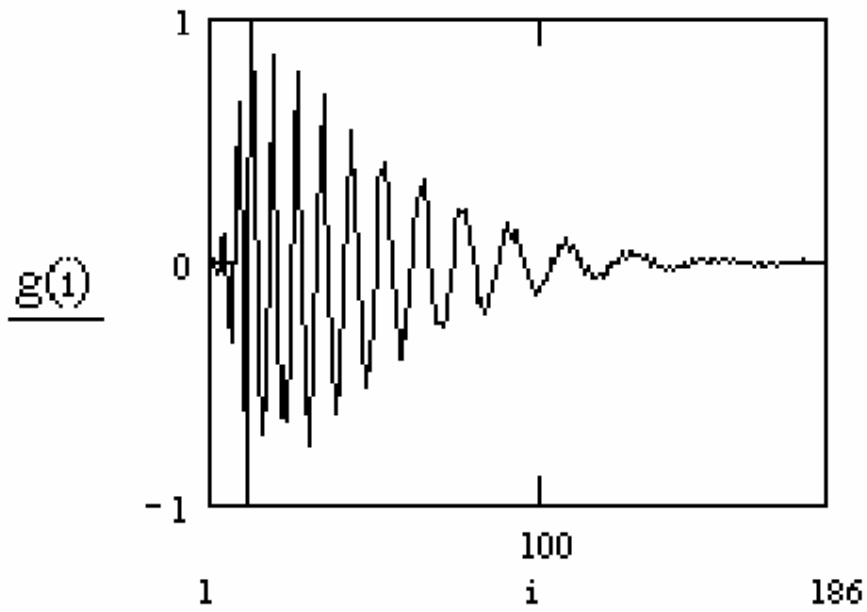


Рисунок 4.4 - Імпульсна реакція КТЧ з 12-ма переприйомами (i – номер відліку)

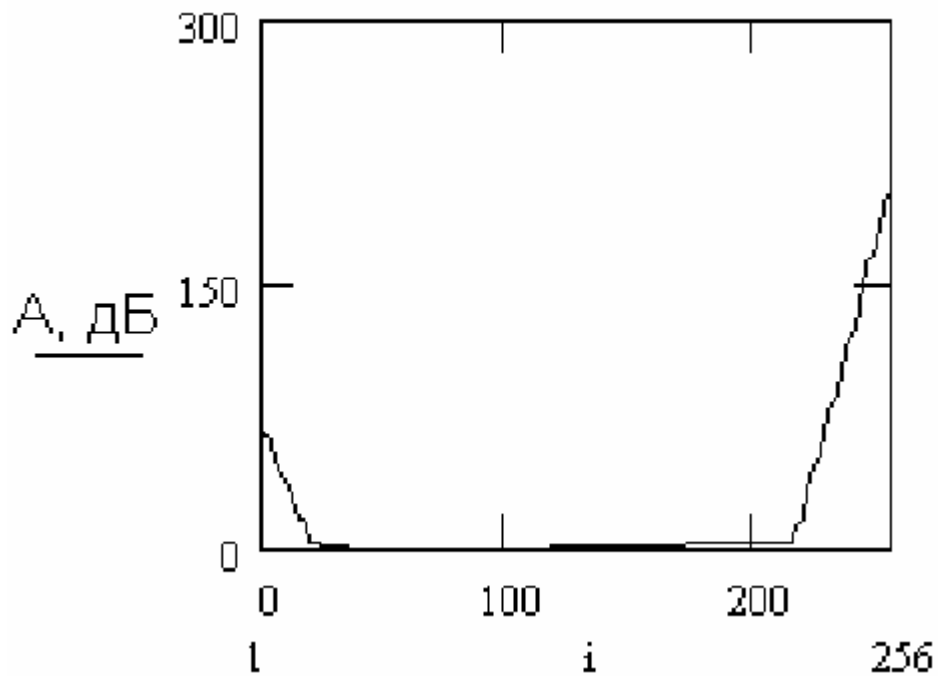


Рисунок 4.5 - Частотна характеристика загасання КТЧ з 3-ма переприйомами
(i – номер каналу)

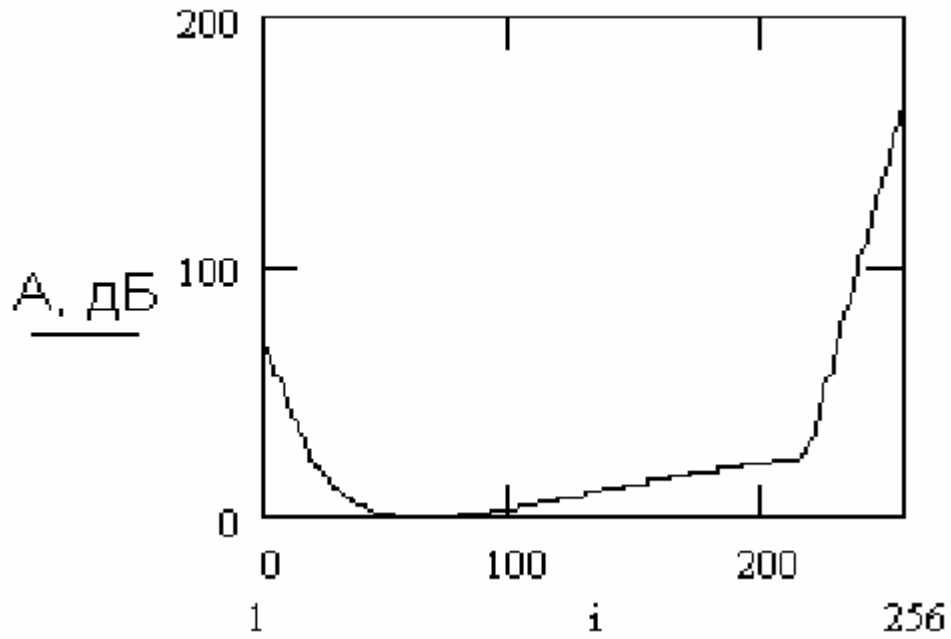


Рисунок 4.6 - Частотна характеристика загасання КТЧ з 12-ма переприйомами (i – номер каналу)

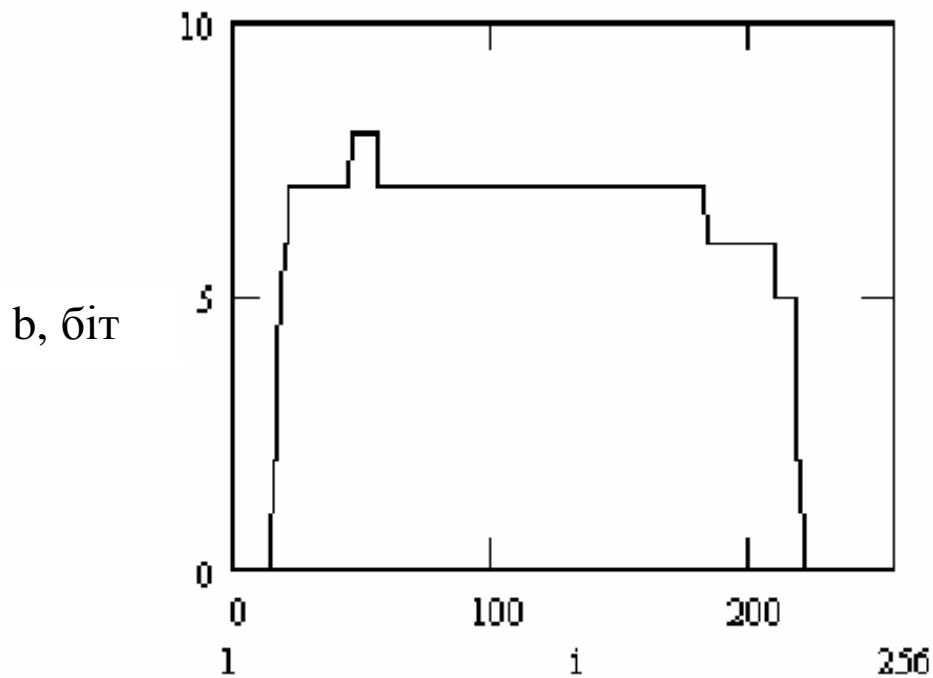


Рисунок 4.7 - Кількість біт інформації, передаваної упродовж посліжки каналами СП ОГС, для КТЧ з 3-ма переприйомами (i – номер каналу)

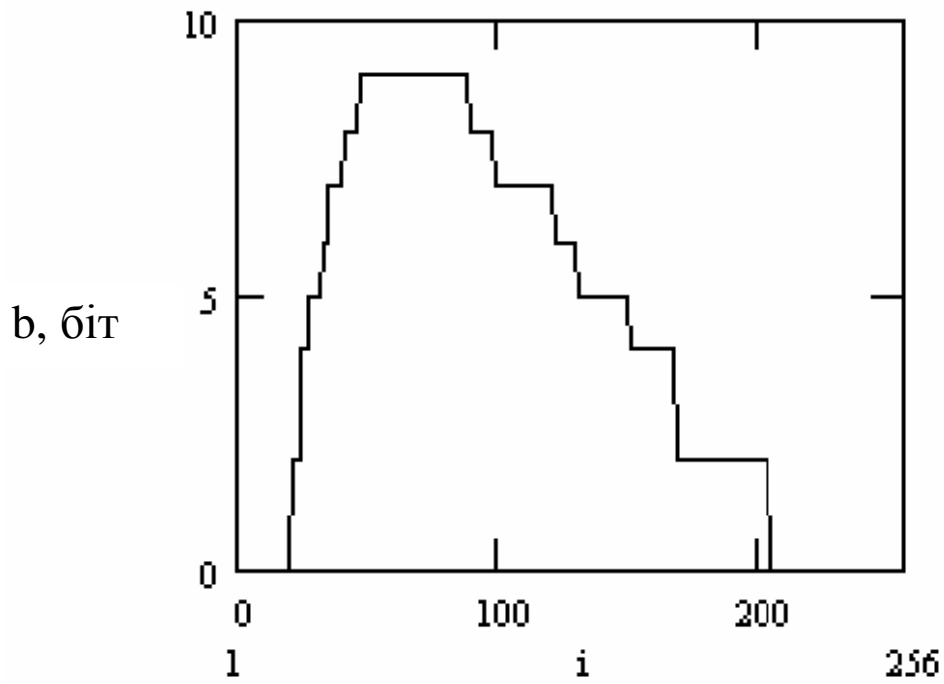


Рисунок 4.8 - Кількість біт інформації, передаваної упродовж послідовності каналів СП ОГС, для КТЧ з 12-ма переприйомами (i – номер каналу)

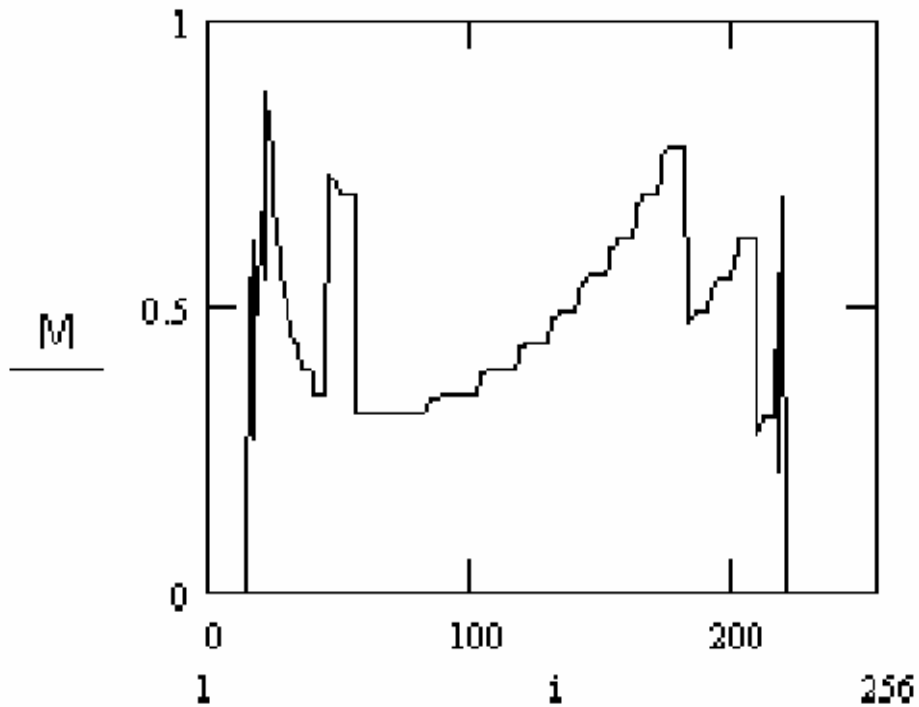


Рисунок 4.9 - Розподілена по каналах СП ОГС потужність передавача для КТЧ з 3-ма переприйомами (i – номер каналу)

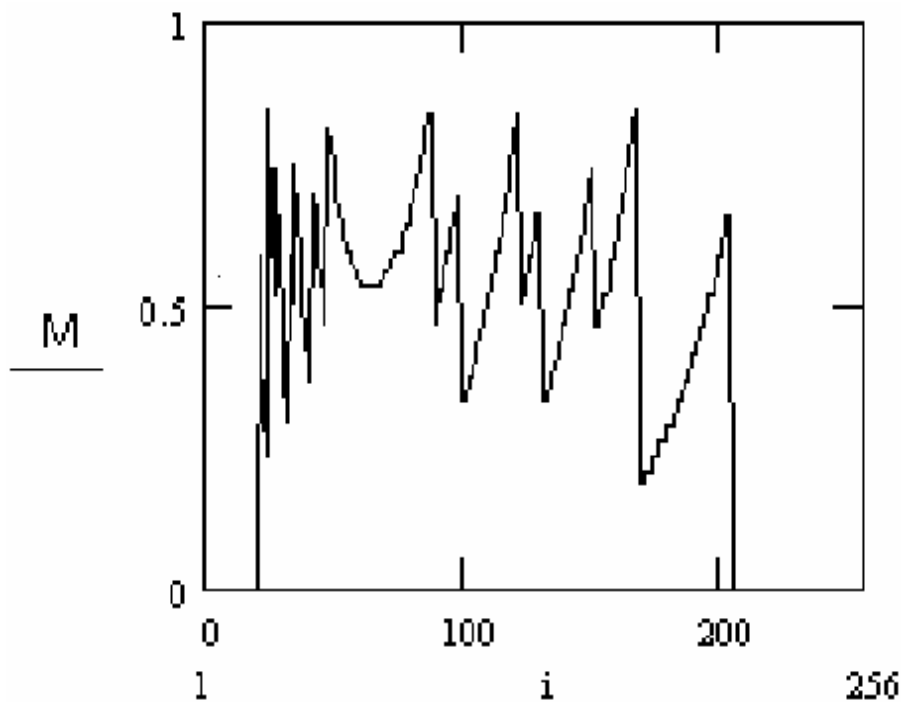


Рисунок 2.10 - Розподілена по каналах СП ОГС потужність передавача для КТЧ з 12-ма переприйомами (i – номер каналу)

3 Ключові питання

1. У чому полягає принцип «заповнення водою»?
2. Яким чином відреагує адаптивна СП ОГС на вплив зосередженої за спектром завади на деякі з каналів СП ОГС? Як зміниться потужність і кількість бітів у цих каналах?
3. Яким чином відреагує адаптивна СП ОГС на збільшення загасання на частоті деяких несучих?
4. Перелічіть критерії оптимізації параметрів групового сигналу СП ОГС.

4 Домашнє завдання

Вивчити ключові положення і відповідати на ключові питання

5 Лабораторне завдання

5.1 За допомогою програми оптимізації «ОПТИМУМ», що знаходиться в папці «ЛР оптимізація спектра», розрахувати оптимальні розподіли кількості передаваної інформації і потужності по несучих СП ОГС для наступних вихідних даних:

- 1) $n=4$, $A=30$, $P_{max}=100$, $AT(1)=1$, $AT(2)=3$, $AT(3)=24$, $AT(4)=18$.

Примітка. Програма «ОПТИМУМ» знаходиться в папці «ЛР оптимізація спектра».

Щоб запустити її, необхідно виконати наступні дії:

- 1) Відкрити «QBASIC.EXE»;
- 2) Натиснути клавішу «Esc»;

- 3) В меню «File» відкрити пункт меню «Open»;
- 4) Обрати «OPTIMUM.BAS»;
- 5) В меню «Run» натиснути «Start»;
- 6) Задати вище перелічені вихідні дані.

За отриманими результатами зробити висновки.

5.2 За допомогою програми оптимізації «OPTIMUM1» розрахувати оптимальні розподіли кількості передаваної інформації і потужності по несучих СП ОГС для пари кабелю ТПП з діаметром жил 0,32 мм.

Примітка. Програма «OPTIMUM1» знаходиться в папці «ЛР оптимизация спектра». Щоб запустити її, необхідно виконати наступні дії:

- 1) В меню «File» відкрити пункт меню «Open»;
- 2) Обрати «OPTIMUM1.BAS»;
- 3) У рядку 21 програмного коду замість «A_064_1» вписати «A_032_1»;
- 4) В меню «Run» натиснути «Start»;
- 5) Задати вихідні дані: $n=256$; $p=0,0000001$; $A=30$; $P_{max}=100$.

За допомогою файлу «ОПТИМИЗАЦИЯ.mcd» розрахувати розподіл кількості передаваної інформації по несучих СП ОГС при рівномірному розподілі потужності передаваного сигналу по несучих СП ОГС і порівняти його з оптимальним розподілом (побудувавши криві відповідних розподілів кількості передаваної інформації по несучих СП ОГС в одній системі координат). Розрахувати і порівняти швидкості передавання при оптимальному і рівномірному розподілах.

5.3 Повторити дії п. 5.2 для діаметрів жил 0,4; 0,5 і 0,64 мм.

5.4 Повторити дії п. 5.2 для діаметру жил 0,64 мм, але при захищеності $A=40$ дБ. Порівняти отримані розподіли і швидкості передавання для діаметру жил 0,64 мм при $A=30$ дБ і $A=40$ дБ.

5.5 У робочому зошиті зафіксувати отримані швидкості передавання і побудувати графіки отриманих розподілів. Зробити висновки.

6 Зміст протоколу

- 6.1 Тема та мета лабораторної роботи.
- 6.2 Результати виконання домашнього завдання.
- 6.3 Результати лабораторного дослідження.
- 6.3. Висновки за результатами виконаної роботи.

7 Список літератури

7.1 Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник / В.А. Балашов, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий. – М.: Эко-Трендз, 2009.

7.2. Балашов В.О. Мережі та обладнання широкосмугового доступу за технологіями xDSL: Навч. посіб. для студентів з напрямку підготовки «Телекомунікації» / [В.О. Балашов, П.П. Воробиенко, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецький]. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 206 с.

Назви лабораторних робіт

№ 1. Дослідження інтерференційних завад у системах передачі з ортогональними гармонічними сигналами

Укладачі: Балашов В.О., Ляховецький Л.М., Барба І.Б., Орешков В.І.

№ 2. Дослідження розподілення інтерференційних завад по несучих СП ОГС у залежності від характеристик каналу зв'язку і параметрів групового сигналу СП ОГС

Укладачі: Балашов В.О., Ляховецький Л.М., Барба І.Б., Егупова О.П.

№ 3. Дослідження тактової синхронізації в СП ОГС

Укладачі: Балашов В.О., Ляховецький Л.М., Егупова О.П.

№4. Дослідження методів розподілу кількості передаваної інформації і потужності сигналу по несучих СП ОГС

Укладачі: Балашов В.О., Ляховецький Л.М., Орешков В.І.

Редактор

Гусак В.Т.

Комп'ютерна верстка

Корнійчук Є. С.

Здано в набір 03.04.2012 Підписано до друку 10.04.2012

Формат 60/88/16 Зам. № 4795

Тираж 100 прим. Обсяг: 2,0 ум. друк. арк.

Віддруковано на видавничому устаткуванні фірми RISO

у друкарні редакційно-видавничого центру ОНАЗ ім. О.С. Попова

ОНАЗ, 2012