МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА

Кафедра волоконно-оптичних ліній зв'язку

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ РОБОТИ

за темою:

«РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕДАЧІ КАБЕЛЮ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ»

з дисципліни

«НАПРЯМНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ОПТИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ»

для студентів денної форми навчання за напрямом

6.050903 – ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

Одеса – 2014

УДК 681.778 – 681.069 План НМВ 2014 р.

Відп. редактор – д.т.н., проф. Бондаренко О.В.

Укладачі:
д.т.н., проф. Бондаренко О.В.,
к.т.н., доц. Степанов Д.М.,
к.т.н., ст. викл. Стащук О.М.

У методичних вказівках викладені основні положення до виконання комплексної роботи з курсу «Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку». Окремі положення методичних вказівок можуть бути використані студентами при дипломному проектуванні.

УХВАЛЕНО
на засіданні кафедри ВОЛЗ
та рекомендовано до друку.
Протокол № 4 від 28.12.13 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
методичною радою академії зв'язку
Протокол № 9/14 від 19.05.2014 р.

Редактор – ***Кодрул Л.А.***
Комп'ютерне макетування – ***Кірдогло Т.В.***

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ……...…… 6
ВИМОГИ ДО КОМПЛЕКСНОЇ РОБОТИ ТА ЇЇ ОФОРМЛЕННЯ…….. 7
ЗАВДАННЯ ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ РОБОТИ…… 8
РОЗДІЛ І. КОНСТРУКЦІЇ КАБЕЛІВ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ……... 13
1.1 Загальні положення……. 13
1.2 Конструкції кабелів електрозв'язку……. 13
1.2.1 Конструкції симетричних кабелів з кордельно-полістирольною ізоляцією…… 13
1.2.1.1 Конструкція кабелю типу МКС…… 14
1.2.1.2 Конструкція кабелю типу МКСА…… 16
1.2.1.3 Конструкція кабелю типу МКСС……...…… 19
1.2.2 Конструкції симетричних кабелів з суцільною поліетиленовою ізоляцією…… 21
1.2.2.1 Конструкція кабелю типу МКПВ 1×4×1,2…… 21
1.2.2.2 Конструкція кабелю типу ЗКП 1×4×1,2……. 22
1.2.2.3 Конструкції симетричних кабелів для мереж абонентського доступу……. 25
1.2.2.4 Конструкції кабелів сільського зв'язку з поліетиленовою ізоляцією жил марки КСПЗП…….. 27
1.2.2.5 Конструкції симетричних кабелів структурованих мереж... 28
1.2.3 Конструкції коаксіальних кабелів електрозв'язку……...……. 30
1.2.3.1 Кабелі типу КМ-4……. 31
1.2.3.2 Кабелі типу КМ-8/6…….……. 34
1.2.3.3 Кабелі типу МКТ-4…….…….. 38
1.2.3.4 Кабелі типу ВКПАП…….…… 39
1.2.3.5 Конструкції радіочастотних кабелів……... 43
1.3 Розрахунок елементів конструкції кабелів електрозв'язку……... 45
1.3.1 Розрахунок елементів конструкції симетричних кабелів з кордельно-полістирольною ізоляцією……...……...…….. 45
1.3.1.1 Методика розрахунку елементів конструкції кабелю……... 45
1.3.1.2 Приклад розрахунку……. 48
1.3.2 Розрахунок елементів конструкції симетричних кабелів з суцільною поліетиленовою ізоляцією…….…...…… 49
1.3.2.1 Методика розрахунку елементів конструкції кабелю…….. 49

1.3.2.2 Приклад розрахунку…… 51
1.3.3 Розрахунок елементів конструкції коаксіальних кабелів електрозв’язку……..... 52
1.3.3.1 Методика розрахунку елементів конструкції кабелю……. 52
1.3.3.2 Приклад розрахунку…….…….. 55
РОЗДІЛ ІІ. ПЕРВИННІ ПАРАМЕТРИ ПЕРЕДАЧІ КАБЕЛЮ ЕЛЕКТРО-ЗВ’ЯЗКУ…….....……..... 57
2.1 Загальні положення…… 57
2.2 Первинні параметри передачі симетричного кабелю електрозв’язку…… 57
2.2.1 Методика розрахунку первинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв’язку…….…… 57
2.2.2 Приклад розрахунку первинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв’язку …… 62
2.3 Первинні параметри передачі коаксіального кабелю електрозв’язку…… 65
2.3.1 Методика розрахунку первинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв’язку……. 65
2.3.2 Приклад розрахунку первинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв’язку …… 68
РОЗДІЛ ІІІ. ВТОРИННІ ПАРАМЕТРИ ПЕРЕДАЧІ КАБЕЛЮ ЕЛЕКТРОЗВ’ЯЗКУ……...…… 70
3.1 Загальні положення…… 70
3.2 Вторинні параметри передачі симетричного кабелю електрозв’язку…… 70
3.2.1 Методика розрахунку вторинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв’язку…… 70
3.2.2 Приклад розрахунку вторинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв’язку …… 72
3.3 Вторинні параметри передачі коаксіального кабелю електрозв’язку…… 74
3.3.1 Методика розрахунку вторинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв’язку……..…….. 74
3.3.2 Приклад розрахунку вторинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв’язку ……...…… 75
ЛІТЕРАТУРА…….……... 77
ДОДАТКИ…….……. 78
Додаток 1 – Графіки залежностей тангенса кута діелектричних втрат від частоти……. 79

Додаток 2 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКС-7×4×1,2 80
Додаток 3 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКС-4×4×1,2 за температури 20^0С ….…… 82
Додаток 4 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКСАШп-4×4×1,2 за температури 20^0С ……. 83
Додаток 5 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКСАШп-7×4×1,2…….. 84
Додаток 6 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКССШп-4×4×1,2 за температури 20^0С …..... 86
Додаток 7 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКССШп-7×4×1,2…..... 87
Додаток 8 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКПВ 1×4×1,2 за температури 20^0С ……. 89
Додаток 9 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю ЗКП-1×4×1,2 за температури 20^0С …… 90
Додаток 10 – Значення вторинних параметрів передачі кабелю ЗКПАШп-1×4×1,2 за температури 20^0С …… 91
Додаток 11 – Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 2,58/9,6 кабелів типу КМ-4 та КМ-8/6 за температури 20^0С …… 92
Додаток 12 – Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 1,2/4,6 кабелів типу МКТ-4 та КМ-8/6 …… 94
Додаток 13 – Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 2,14/9,7 кабелів типу ВКПАП за температури 20^0С …… 96

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки до виконання комплексної роботи за темою «Розрахунок конструкції та визначення параметрів передачі кабелю електрозв'язку» призначені для студентів денної форми навчання за напрямом 6.050903 – Телекомунікації.

Студенти даної спеціальності в комплексній роботі вирішують низку питань: розрахунок конструкції кабелю електрозв'язку (з розробкою креслення поперечного перерізу); розрахунок первинних параметрів передачі (активного опору, індуктивності, ємності та провідності ізоляції); розрахунок вторинних параметрів передачі (коефіцієнта загасання, коефіцієнта фази, хвильового опору та фазової швидкості).

Метою комплексної роботи є вивчення існуючих конструкцій кабелів електрозв'язку, отримання навиків виконання розрахунків параметрів кабелю, побудова залежностей параметрів, що досліджуються від частоти сигналу та, головне, уміння виконувати аналіз отриманих розрахованих значень: порівняння розрахованих значень параметрів з нормованими значеннями та формулювання висновку про відповідність нормам.

В комплексній роботі пропонується виконання розрахунків для магістральних, зонових симетричних та коаксіальних кабелів електрозв'язку, які на даний час випускаються промисловістю України.

ВИМОГИ ДО КОМПЛЕКСНОЇ РОБОТИ ТА ЇЇ ОФОРМЛЕННЯ

Комплексна робота виконується за одним із варіантів індивідуального завдання, який визначається двома останніми цифрами номера залікової книжки, та оформляється у вигляді пояснювальної записки (ПЗ). Пояснювальна записка оформляється в окремому зошиті (на 12 аркушів) або на листах формату А4. Допускається використання комп'ютерного набору в редакторі Word (шрифт – 14, інтервал – 1,25).

У ПЗ не повинно бути викладення загальних положень, текстовий матеріал слід висловлювати конкретно та чітко, при цьому не допускається довільне скорочення слів. При використанні загальноприйнятих скорочень необхідно спочатку дати повну назву слова. Пояснювальна записка повинна бути ілюстрована необхідними схемами, рисунками та кресленнями, що пояснюють конструкцію кабелю, форми графічних залежностей параметрів, що розраховуються, від частоти сигналу. При цьому рисунок 1 (креслення поперечного перерізу заданого кабелю) слід виконувати на міліметровому папері формату А4 (якщо ПЗ оформляється в зошиті – даний аркуш з рисунком вклеюється в зошит).

При виконанні розрахунків у ПЗ повинна бути надана в загальному вигляді розрахункова формула з розшифруванням усіх її позначень. Один варіант розрахунку за формулою надається детально, решта результатів надаються у вигляді таблиці. При використанні засобів обчислювальної техніки надаються розрахункові формули, посилання на назву програми розрахунку та детальні вихідні дані до розрахунку з результатами у вигляді таблиць та графіків. Усі результати розрахунків повинні супроводжуватися їх аналізом і висновками.

Креслення, рисунки, відомості, таблиці повинні бути пронумеровані, пояснювальна записка – переплетена (у випадку, якщо комплексна робота виконується на аркушах А4).

ЗАВДАННЯ ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДО ВИКОНАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ РОБОТИ

Комплексна робота включає в себе виконання наступних завдань:

1. Виконати розрахунок геометричних розмірів елементів конструкції кабелю. Виконати креслення поперечного перерізу заданого типу кабелю в масштабі 10:1 або 5:1 (креслення на міліметровому папері), на кресленні виносками вказати всі елементи конструкції кабелю, матеріали. Методика виконання розрахунку висвітлена в першому розділі.

2. Виконати розрахунок первинних параметрів передачі кола кабелю електрозв'язку: активного опору, індуктивності, ємності, провідності ізоляції для заданих чотирьох значень частот сигналу. Методика виконання розрахунку висвітлена в другому розділі.

3. Навести графіки залежностей розрахованих первинних параметрів передачі від частоти (графік на чотири точки). Зробити висновки за отриманими формами залежностей.

4. Виконати розрахунок вторинних параметрів передачі кола кабелю електрозв'язку: хвильового опору, коефіцієнта загасання, коефіцієнта фази, фазової швидкості для заданих частот сигналу. Методика виконання розрахунку висвітлена в третьому розділі.

5. Навести графіки залежностей розрахованих вторинних параметрів передачі від частоти (графік на чотири точки). Для кожного вторинного параметра передачі графік побудувати на окремій площині. Навести графіки залежностей нормованих значень вторинних параметрів передачі від частоти (графік будується для того ж діапазону частот, для якого виконувались розрахунки). Кожен графік залежності нормованих вторинних параметрів передачі від частоти побудувати на тій самій площині, на якій побудована залежність розрахованих значень вторинних параметрів передачі, але виділити окремим кольором та підписати. Нормовані значення вторинних параметрів передачі для усіх типів кабелів, які розглядаються в даній роботі наведені в додатках 2 … 13. Виконати порівняння розрахованих даних з нормами. Зробити висновки.

6. Зробити загальний висновок за виконаною роботою.

Вихідні дані до виконання комплексної роботи надано нижче в таблиці.

Вихідні дані до виконання комплексної роботи (початок)

№ вар. (останні дві цифри номера зал. книжки)	Тип кабелю електрозв'язку	Коефіцієнт ємнісного зв'язку, Ф/бд	Довжина підсилювальної ділянки, км	Значення частот, для яких необхідно виконати розрахунки				Примітки
				f_1, кГц	f_2, кГц	f_3, кГц	f_4, кГц	
01	МКСГ 4×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	3	0,3	10	100	1000	
02	МКСБ 4×4×1,2	$11 \cdot 10^{-12}$	4	0,4	15	110	1100	
03	МКСК 4×4×1,2	$12 \cdot 10^{-12}$	5	0,5	20	120	1200	
04	МКСАШп 4×4×1,2	$13 \cdot 10^{-12}$	6	0,6	25	130	1300	
05	МКСАБп 4×4×1,2	$14 \cdot 10^{-12}$	7	0,7	30	140	1400	
06	МКСАБпГ 4×4×1,2	$15 \cdot 10^{-12}$	8	0,8	35	150	1500	
07	МКСАБпШп 4×4×1,2	$16 \cdot 10^{-12}$	9	0,9	40	160	1600	
08	МКСАКпШп 4×4×1,2	$17 \cdot 10^{-12}$	10	1,0	45	170	1700	
09	МКСАШп 7×4×1,2	$18 \cdot 10^{-12}$	5	1,1	50	180	1800	
10	МКСАБп 7×4×1,2	$19 \cdot 10^{-12}$	6	1,2	55	190	1900	
11	МКСАБпГ 7×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	7	1,3	60	200	2000	
12	МКСАБпШп 7×4×1,2	$11 \cdot 10^{-12}$	8	1,4	65	210	2100	
13	МКСАКпШп 7×4×1,2	$12 \cdot 10^{-12}$	9	1,5	70	220	2200	
14	МКССШп 4×4×1,2	$13 \cdot 10^{-12}$	11	1,6	75	230	2300	
15	МКССШп 7×4×1,2	$14 \cdot 10^{-12}$	10	1,7	80	240	2400	
16	МКПВ 1×4×1,2	$15 \cdot 10^{-12}$	12	0,35	11	105	205	
17	ЗКВ 1×4×1,2	$16 \cdot 10^{-12}$	13	0,45	16	108	208	
18	ЗКВБ 1×4×1,2	$17 \cdot 10^{-12}$	14	0,55	21	111	211	
19	ЗКП 1×4×1,2	$18 \cdot 10^{-12}$	15	0,65	26	114	214	
20	ЗКПБ 1×4×1,2	$19 \cdot 10^{-12}$	16	0,75	31	117	217	
21	ЗКПАШп 1×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	17	0,85	36	121	221	
22	КМГ-4	-	3	1600	3600	5600	10600	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
23	КМБ-4	-	4	1700	3700	5700	10700	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
24	КМК-4	-	5	1800	3800	5800	10800	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
25	КМГ-8/6	-	2	1900	3900	5900	10900	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
26	КМГ-8/6	-	3	1070	2070	5070	10070	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
27	КМБ-8/6	-	2	2000	4000	6000	11000	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
28	КМБ-8/6	-	3	1170	2170	5170	10170	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6

Вихідні дані для виконання комплексної роботи (продовження)

№ вар. (останні дві цифри номера зал. книжки)	Тип кабелю електрозв'язку	Коефіцієнт ємнісного зв'язку, Ф/бд	Довжина підсилювальної ділянки, км	Значення частот, для яких необхідно виконати розрахунки				Примітки
				f_1, кГц	f_2, кГц	f_3, кГц	f_4, кГц	
29	КМК-8/6	-	2	2100	4100	6100	11100	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
30	КМК-8/6	-	3	1270	2270	5270	10270	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
31	МКТСБ-4	-	4	1370	2370	5370	10370	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
32	МКТСК-4	-	5	1470	2470	5470	10470	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
33	МКСГ 4×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	3	1,8	90	250	2500	
34	МКСБ 4×4×1,2	$11 \cdot 10^{-12}$	4	1,9	95	260	2600	
35	МКСК 4×4×1,2	$12 \cdot 10^{-12}$	5	2,0	100	270	2700	
36	МКСАШп 4×4×1,2	$13 \cdot 10^{-12}$	6	2,1	12,5	280	2800	
37	МКСАБп 4×4×1,2	$14 \cdot 10^{-12}$	7	2,2	17,5	290	2900	
38	МКСАБпГ 4×4×1,2	$15 \cdot 10^{-12}$	8	2,3	22,5	300	3000	
39	МКСАБпШп 4×4×1,2	$16 \cdot 10^{-12}$	9	2,4	27,5	310	3100	
40	МКСАКпШп 4×4×1,2	$17 \cdot 10^{-12}$	10	2,5	32,5	320	3200	
41	МКСАШп 7×4×1,2	$18 \cdot 10^{-12}$	5	2,6	37,5	330	3300	
42	МКСАБп 7×4×1,2	$19 \cdot 10^{-12}$	6	2,7	42,5	340	3400	
43	МКСАБпГ 7×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	7	2,8	47,5	350	3500	
44	МКСАБпШп 7×4×1,2	$11 \cdot 10^{-12}$	8	2,9	52,5	360	3600	
45	МКСАКпШп 7×4×1,2	$12 \cdot 10^{-12}$	9	3,0	57,5	370	3700	
46	МКССШп 4×4×1,2	$13 \cdot 10^{-12}$	11	3,1	62,5	380	3800	
47	МКССШп 7×4×1,2	$14 \cdot 10^{-12}$	10	3,2	67,5	390	3900	
48	МКПВ 1×4×1,2	$15 \cdot 10^{-12}$	12	0,95	41	127	227	
49	ЗКВ 1×4×1,2	$16 \cdot 10^{-12}$	13	1,15	46	131	231	
50	ЗКВБ 1×4×1,2	$17 \cdot 10^{-12}$	14	1,25	51	137	237	
51	ЗКП 1×4×1,2	$18 \cdot 10^{-12}$	15	1,35	56	141	241	
52	ЗКПБ 1×4×1,2	$19 \cdot 10^{-12}$	16	1,45	61	147	247	
53	ЗКПАШп 1×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	17	1,55	66	106	206	
54	КМГ-4	-	3	1000	3000	5000	10000	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
55	КМБ-4	-	4	1100	3100	5100	10100	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
56	КМК-4	-	5	1200	3200	5200	10200	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4

Вихідні дані для виконання комплексної роботи (продовження)

№ вар. (останні дві цифри номера зал. книжки)	Тип кабелю електрозв'язку	Коефіцієнт ємнісного зв'язку, Ф/бд	Довжина підсилю-вальної ділянки, км	Значення частот, для яких необхідно виконати розрахунки				Примітки
				f_1, кГц	f_2, кГц	f_3, кГц	f_4, кГц	
57	КМГ-8/6	-	2	1300	3300	5300	10300	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
58	КМГ-8/6	-	3	1550	2550	5550	7550	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
59	КМБ-8/6	-	2	1400	3400	5400	10400	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
60	КМБ-8/6	-	3	1650	2650	5650	7650	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
61	КМК-8/6	-	2	1500	3500	5500	10500	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
62	КМК-8/6	-	3	1750	2750	5750	7750	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
63	МКТСБ-4	-	4	1850	2850	5850	7850	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
64	МКТСК-4	-	5	1950	2950	5950	7950	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
65	КМГ-4	-	5	1420	4420	5780	13450	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
66	КМБ-4	-	6	1520	4520	6780	14450	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
67	МКСГ 4×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	3	3,3	72,5	400	1050	
68	МКСБ 4×4×1,2	$11 \cdot 10^{-12}$	4	3,4	82,5	410	1150	
69	МКСК 4×4×1,2	$12 \cdot 10^{-12}$	5	0,3	87,5	420	1250	
70	МКСАШп 4×4×1,2	$13 \cdot 10^{-12}$	6	0,4	92,5	430	1350	
71	МКСАБп 4×4×1,2	$14 \cdot 10^{-12}$	7	0,5	97,5	440	1450	
72	МКСАБпГ 4×4×1,2	$15 \cdot 10^{-12}$	8	0,6	11,5	450	1550	
73	МКСАБпШп 4×4×1,2	$16 \cdot 10^{-12}$	9	0,7	16,5	460	1650	
74	МКСАКпШп 4×4×1,2	$17 \cdot 10^{-12}$	10	0,8	21,5	470	1750	
75	МКСАШп 7×4×1,2	$18 \cdot 10^{-12}$	5	0,9	26,5	480	1850	
76	МКСАБп 7×4×1,2	$19 \cdot 10^{-12}$	6	1,0	31,5	490	1950	
77	МКСАБпГ 7×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	7	1,1	36,5	500	2050	
78	МКСАБпШп 7×4×1,2	$11 \cdot 10^{-12}$	8	1,2	41,5	510	2150	
79	МКСАКпШп 7×4×1,2	$12 \cdot 10^{-12}$	9	1,3	46,5	520	2250	
80	МКССШп 4×4×1,2	$13 \cdot 10^{-12}$	11	1,4	51,5	530	2350	
81	МКССШп 7×4×1,2	$14 \cdot 10^{-12}$	10	1,5	56,5	540	2450	
82	МКПВ 1×4×1,2	$15 \cdot 10^{-12}$	12	1,65	69	109	209	
83	ЗКВ 1×4×1,2	$16 \cdot 10^{-12}$	13	1,75	14	114	214	
84	ЗКВБ 1×4×1,2	$17 \cdot 10^{-12}$	14	1,85	17	117	217	

Вихідні дані для виконання комплексної роботи (закінчення)

№ вар. (останні дві цифри номера зал. книжки)	Тип кабелю електрозв'язку	Коефіцієнт ємнісного зв'язку, Ф/бд	Довжина підсилю-вальної ділянки, км	Значення частот, для яких необхідно виконати розрахунки				Примітки
				f_1, кГц	f_2, кГц	f_3, кГц	f_4, кГц	
85	ЗКП 1×4×1,2	$18 \cdot 10^{-12}$	15	1,95	24	124	224	
86	ЗКПБ 1×4×1,2	$19 \cdot 10^{-12}$	16	2,15	27	127	227	
87	ЗКПАШп 1×4×1,2	$10 \cdot 10^{-12}$	17	2,25	34	134	234	
88	КМГ-4	-	3	2200	4200	6200	11200	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
89	КМБ-4	-	4	2300	4300	6300	11300	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
90	КМК-4	-	5	2400	4400	6400	11400	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
91	КМГ-8/6	-	2	2500	4500	6500	11500	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
92	КМГ-8/6	-	3	1050	2050	5050	7050	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
93	КМБ-8/6	-	2	2600	4600	6600	11600	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
94	КМБ-8/6	-	3	1150	2150	5150	7150	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
95	КМК-8/6	-	2	2700	4700	6700	11700	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
96	КМК-8/6	-	3	1250	2250	5250	7250	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
97	МКТСБ-4	-	4	1350	2350	5350	7350	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
98	МКТСК-4	-	5	1450	2450	5450	7450	Розрахунки для коакс. пари 1,2/4,6
99	КМГ-4	-	6	1470	4470	5880	16450	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4
00	КМБ-4	-	5	1560	3520	7780	16850	Розрахунки для коакс. пари 2,58/9,4

РОЗДІЛ І
КОНСТРУКЦІЇ КАБЕЛІВ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Загальні положення

Для багатоканального електрозв'язку застосовуються симетричні високочастотні кабелі з кордельно-стирофлексною (полістирольною) ізоляцією (типу МКС), із суцільною поліетиленовою ізоляцією (типів МКПВ, ЗКП) та з пористою поліетилетиленовою ізоляцією (типу ТП), а також нормальні (стандартизовані) коаксіальні кабелі (типу МК) та малогабаритні коаксіальні кабелі (типу МКТП).

Кола симетричних кабелів ущільнюються аналоговими системами передавання (АСП) типів К-60п, К-1020С і цифровими системами передавання (ЦСП) ІКМ-120, ІКМ-480С, кола нормальних коаксіальних кабелів – АСП типів К-1920, К-3600, іК-5400, кола малогабаритних коаксіальних кабелів – АСП типу К-300 і ЦСП типу ІКМ-480.

Для мереж абонентського доступу використовуються низькочастотні телефонні кабелі з мідними жилами з поліетиленовою ізоляцією без і з гідрофобним заповненням осердя (типу ТПП, ТПЭПЗ, ТПппЗП та ін.), кабелі, що сконструйовані на базі основного елемента «скрученої пари» (типу ТПВАД, ТПВП АД, ТПВЭ АД), малопарні кабелі (типу КТПЗБбШп, КВППэпЗ, КЦППэпЗ), високочастотні однопарні кабелі (типу ПРППМ). Для структурованих мереж використовуються кабелі «вита пара» (типу КПВ).

1.2 Конструкції кабелів електрозв'язку

1.2.1 Конструкції симетричних кабелів з кордельно-полістирольною ізоляцією

Симетричні ВЧ-кабелі зв'язку з кордельно-полістирольною ізоляцією використовуються на лініях, що ущільнюються системами К-60п в діапазоні частот до 252 кГц, ІКМ-120 – в діапазоні частот до 84 МГц та ІКМ-480 – в діапазоні частот до 34,4 МГц.

Кабелі виготовляються у свинцевій (тип МКС), алюмінієвій (тип МКСА) або сталевій гофрованій (тип МКСС) оболонках. Осердя кабелю складається зі стандартизованих зіркових четвірок з мідними жилами діаметром 1,2 мм.

Конструктивно характеристики відповідних зіркових четвірок у кабелів різних марок однакові.

Ці кабелі мають ємність чотири та сім четвірок, крім того, існують одночетвіркові кабелі в алюмінієвій оболонці. Дві жили четвірки, що розташовані на діагоналі, утворюють робочу пару. Ізоляція жил першої пари четвірки має червоний та жовтий кольори, другої пари – синій та зелений. Зовні четвірки відрізняються забарвленням бавовнопаперової або синтетичної пряжі, або стрічки із синтетичного матеріалу, що накладаються поверх четвірки відкритою спіраллю.

Кабелі можуть прокладатись ручним та механізованим способами за температури не нижче -15° С та не вище +40° С [1, 2, 3, 4].

1.2.1.1 Конструкція кабелю типу МКС

Кабелі МКС призначені для магістральних, внутрішньозонових і місцевих ліній електрозв'язку та використовуються на мережах зв'язку різних міністерств і відомств. Марки кабелів МКС та галузі їх застосування наступні:

МКСГ – симетричні ВЧ кабелі у свинцевій оболонці без захисного покриття використовуються для прокладання в телефонній каналізації, колекторах та тунелях, на вводах у приміщення підсилювальних станцій.

МКСБ – те саме, броньовані сталевими стрічками, з зовнішнім покриттям, використовуються для прокладання в грунтах усіх категорій та при перетинанні несудохідних, несплавних рік із незаболоченими і стійкими пологими берегами та спокійною течією води.

МКСБГ – те саме, броньовані сталевими стрічками, без зовнішнього покриття, застосовуються для прокладання в колекторах, тунелях, шахтах та телефонній каналізації.

МКСБв – те саме, з підсиленою подушкою, броньовані сталевими стрічками, з зовнішнім покриттям, прокладаються в грунтах та водах, агресивних по відношенню до свинцевої оболонки.

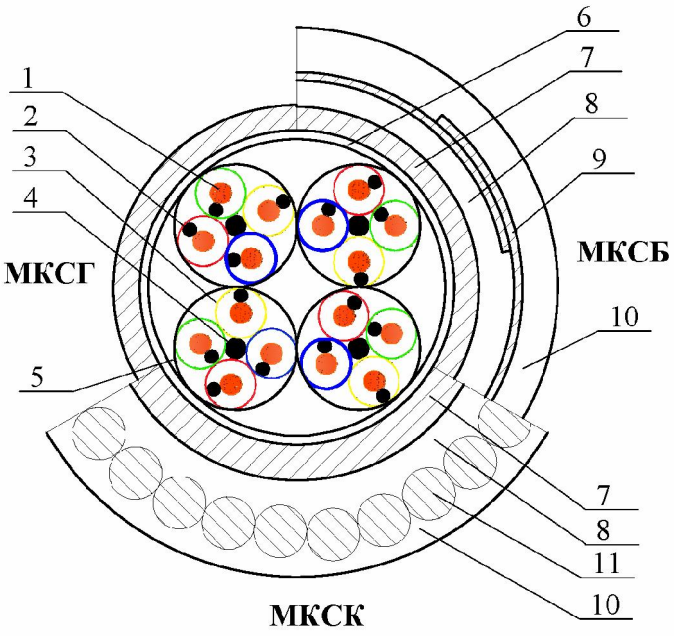
МКСК – те саме, броньовані круглими сталевими оцинкованими дротами, з зовнішнім покриттям, прокладаються при перетинанні гірських рік, судохідних та сплавних рік, несудохідних, несплавних рік із заболоченими нестійкими берегами або деформованим руслом, при перетинанні боліт глибиною понад 2 м та водойм, а також прокладаються в грунтах, що піддані мерзлотним деформаціям.

МКСКв – те саме, з підсиленою подушкою, броньовані круглими сталевими оцинкованими дротами, з зовнішнім покриттям, прокладаються в грунтах та водах, агресивних по відношенню до свинцевої оболонки.

Кабелі, що мають додаткові пластикатові покриття поверх броні, прокладаються в грунтах та водах, агресивних по відношенню до сталевої броні кабелю, за необхідності її збереження для постійної екрануючої дії кабелю.

На рис. 1.1 представлені конструкції кабелю типу МКС 4×4×1,2.

В табл. 1.1 наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції осердь представлених кабелів [1, 4].



Елементи конструкції кабелю МКС:
1 – мідна жила;
2 – кордель зі стирофлексу;
3 – стрічка зі стирофлексу;
4 – центруючий кордель зі стирофлексу;
5 – четвірка кабелю;
6 – поясна ізоляція (чотири стрічки кабельного паперу);
7 – вологозахисна оболонка зі свинцю;
8 – подушка зі просоченого кабельного паперу або джгута;
9 – броня із двох сталевих стрічок;
10 – зовнішнє покриття зі джгута;
11 – броня із круглих дротів

Рисунок 1.1 – Поперечний переріз кабелю МКС 4×4×1,2 та елементи його конструкції

Таблиця 1.1 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції осердь кабелів МКСГ 4×4×1,2, МКСБ 4×4×1,2 та МКСК 4×4×1,2

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Струмопровідна жила (мідний дріт марки ММ)	-	1,2	10,2	-
Кордель зі стирофлексу	-	0,8	0,75	-
Дві стрічки 12 мм зі стирофлексу	2х0,45	2,94	11,55	-
Центруючий кордель зі стирофлексу	-	1,1	1,0	-
Поясна ізоляція із 4-х стрічок паперу К-120	0,5	-	18,4	-
Розмір та загальна маса	-	16,6	-	243

В табл. 1.2 наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції захисних покриттів представлених кабелів [1, 4].

Таблиця 1.2 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелів МКСГ 4×4×1,2, МКСБ 4×4×1,2 та МКСК 4×4×1,2

Елемент конструкції	МКСГ 4×4×1,2		МКСБ 4×4×1,2		МКСК 4×4×1,2	
	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса
Свинцева оболонка	1,4	903	1,25	798	1,9	1273
Подушка – крепірований папір	-	-	1,5	60,3	1,5	60,3
Броня – дві сталеві стрічки товщиною 0,5 мм	-	-	1	429	-	-
Броня – круглі сталеві оцинковані дроти діаметром 4 мм	-	-	-	-	4	2242
Зовнішнє покриття	-	-	2	-	2	-
Максимальне значення зовнішнього діаметра та маси кабелю	18,7	1113	29,0	1842	37,4	4294

1.2.1.2 Конструкція кабелю типу МКСА

Кабелі МКСА – симетричні ВЧ кабелі в алюмінієвій оболонці, з кількістю четвірок – одна, чотири та сім [1, 2, 4].

Марки кабелів МКСА та галузі їх застосування наступні:

МКСАШп – симетричні ВЧ кабелі в алюмінієвій оболонці з захисним антикорозійним покриттям із в'язкого підклеювального шару на основі бітуму та поліетиленового шланга. Прокладаються в телефонній каналізації, в колекторах, в тунелях, в шахтах, по мостах та у стійких грунтах I – III категорій без кам'янистих включень (при прокладанні кабелю кабелеукладачами), без пливунів, в районах, що не характеризуються підвищеними зовнішніми електромагнітними впливами (грозодіяльність, вплив електрифікованого транспорту, радіостанцій та ліній електропередачі) та небезпекою пошкодження гризунами.

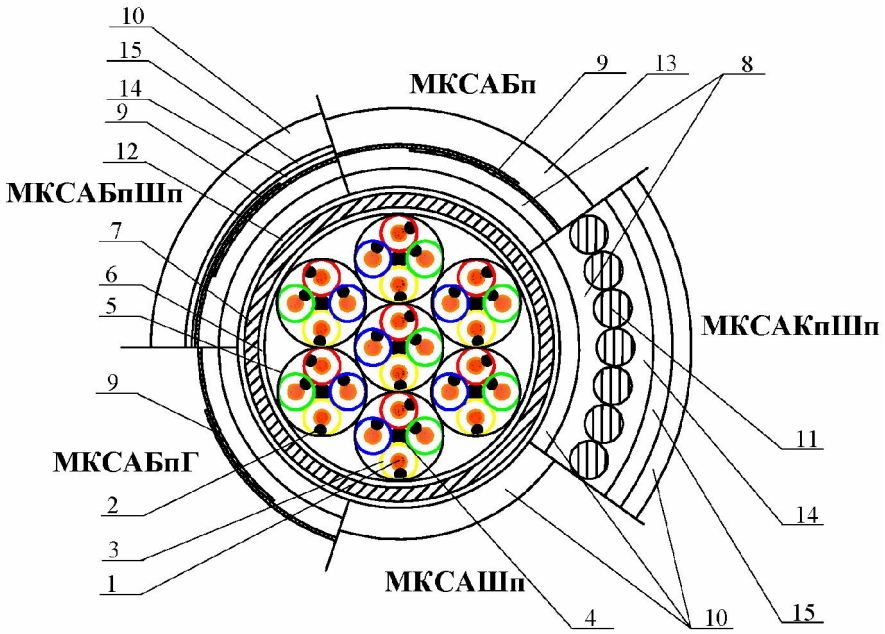
МКСАБпШп – те саме, з бронею зі сталевих стрічок, із зовнішнім поліетиленовим шлангом. Прокладаються у ґрунтах усіх категорій, в телефонній каналізації, колекторах та тунелях, в районах, що характеризуються підвищеними електромагнітними впливами (грозодіяльність, вплив електрифікованого транспорту, радіостанцій та ліній електропередачі).

МКСАБп – те саме, з бронею зі сталевих стрічок, із зовнішнім покриттям із кабельної пряжі. Прокладаються в тих самих районах, що і кабелі марки МКСАБпШп, але в грунтах, що не характеризуються підвищеною корозійною небезпекою по відношенню до сталевої броні.

МКСАБпГ – те саме, з бронею зі сталевих стрічок з антикорозійним покриттям. Прокладаються в колекторах і тунелях, в районах, що характеризуються підвищеним електромагнітним впливом.

МКСАКпШп – те саме, з бронею із круглих сталевих оцинкованих дротів, з зовнішнім поліетиленовим шлангом. Прокладаються під водою або в грунтах за наявності великих розтягувальних зусиль.

На рис. 1.2 представлені конструкції кабелю типу МКСА 7×4×1,2 [1, 4].



Елементи конструкції кабелю:
1 – струмопровідна жила;
2 – кольоровий полістирольний кордель;
3 – полістирольна стрічка;
4 – центруючий кордель;
5 – кольорова бавовнопаперова пряжа;
6 – поясна ізоляція;
7 – алюмінієва оболонка;
8 – подушка;
9 – броня із двох стрічок;
10 – поліетиленовий шланг;
11 – броня із круглого дроту;
12 – в'язкий підклеювальний шар;
13 – зовнішнє покриття із кабельної пряжі;
14 – бітумний склад;
15 – полівінілхлоридна стрічка

Рисунок 1.2 – Поперечний переріз кабелю МКСА 7×4×1,2 та елементи його конструкції

В табл. 1.3 наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції осердь представлених кабелів [1, 4].

В табл. 1.4 як приклад наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції захисних покриттів кабелів типу МКСА 4×4×1,2 [1, 4].

В табл. 1.5 як приклад наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції захисних покриттів кабелів типу МКСА 7×4×1,2 [1, 4].

Таблиця 1.3 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції осердь кабелів типу МКСА 4×4×1,2 та МКСА 7×4×1,2

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Струмопровідна жила (мідний дріт марки ММ)	-	1,2	10,2	-
Кордель зі стирофлексу	-	0,8	0,75	-
Дві стрічки 12 мм зі стирофлексу	2х0,45	2,94	11,55	-
Центруючий кордель зі стирофлексу	-	1,1	1,0	-
Поясна ізоляція кабелю МКСА 4×4×1,2 (папір К-120)	0,72	-	25,8	-
Поясна ізоляція кабелю МКСА 7×4×1,2 (папір К-120)	0,72	-	33,8	-
Розмір та загальна маса осердя МКСА 4×4×1,2	-	16,3	-	218
Розмір та загальна маса осердя МКСА 7×4×1,2	-	21,2	-	370,5

Таблиця 1.4 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелів типу МКСА 4×4×1,2

Елемент конструкції	МКСАШп 4×4×1,2		МКСАБп 4×4×1,2		МКСАБпГ 4×4×1,2		МКСАБпШп 4×4×1,2		МКСАКпШп 4×4×1,2	
	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса
Алюмінієва оболонка	1,0	163	1,0	163	1,0	163	1,0	163	1,0	163
Підклеювальний шар	0,5	30	0,5	30	0,5	30	0,5	30	0,5	30
Поліетиленовий шланг	2,5	177	1,2	80	1,5	80	1,5	80	1,5	80
Подушка:										
- крепірований папір	-	-	-	70	-	70	-	70	-	70
- бітумний склад	-	-	2,0	202	-	83	-	105	-	110
Броня:										
- 2 сталеві оцинковані стрічки по 0,53 мм	-	-	-	-	1,0	516	-	-	-	-
- 2 сталеві стрічки по 0,5 мм	-	-	1,0	486	-	-	1,0	486	-	-
- 23 сталеві дроти по 4 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2343
Зовнішнє покриття:										
- полівінілхлоридна стрічка	-	-	-	-	-	-	-	37	-	44
- кабельна пряжа	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-
- просочений склад	-	-	-	52	-	-	-	-	-	-
- крейда	-	-	-	29	-	-	-	-	-	-
- поліетиленовий шланг	-	-	-	-	-	-	-	201	-	303
Діаметр та маса кабелю в оболонці	18,7	381	18,7	381	18,7	381	18,7	381	18,7	381
Максимальне значення зовн. діаметра та маси кабелю	24,7	598	32,2	1433	28,3	1160	33,4	1390	40,4	3361

Таблиця 1.5 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелів типу МКСА 7×4×1,2

Елемент конструкції	МКСАШп 7×4×1,2		МКСАБп 7×4×1,2		МКСАБпГ 7×4×1,2		МКСАБпШп 7×4×1,2		МКСАКпШп 7×4×1,2	
	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Алюмінієва оболонка	1,1	235	1,1	235	1,1	235	1,1	235	1,1	235
Підклеювальний шар	0,5	38,1	0,5	38,1	0,5	38,1	0,5	38,1	0,5	38,1
Поліетиленовий шланг	2,5	218	1,5	126	1,5	126	1,5	126	1,5	126

Закінчення табл. 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Подушка:										
- крепірований папір	-	-	-	86	-	86	-	86	-	86
- бітумний склад	-	-	-	243,4	-	101,5	-	128,5	-	132,5
Броня:										
- 2 сталеві оцинковані стрічки по 0,53 мм	-	-	-	-	1,06	625	-	-	-	-
- 2 сталеві стрічки по 0,5 мм	-	-	1,0	588	-	-	1,0	588	-	-
- 27 сталевих дротів по 4 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2751
Зовнішнє покриття:										
- полівінілхлоридна стрічка	-	-	-	-	-	-	-	44,1	-	51,7
- кабельна пряжа	-	-	-	124	-	-	-	-	-	-
- просочений склад	-	-	-	62	-	-	-	-	-	-
- крейда	-	-	-	34,1	-	-	-	-	-	-
- поліетиленовий шланг	-	-	-	-	-	-	2,0	237	2,5	348
Діаметр та маса кабелю в оболонці	23,8	605	23,8	605	23,8	605	23,8	605	23,8	605
Макс. значення зовн. діаметра та маси кабелю	29,8	861	37,9	1907	34,0	1582	39,1	1853	46,1	4138

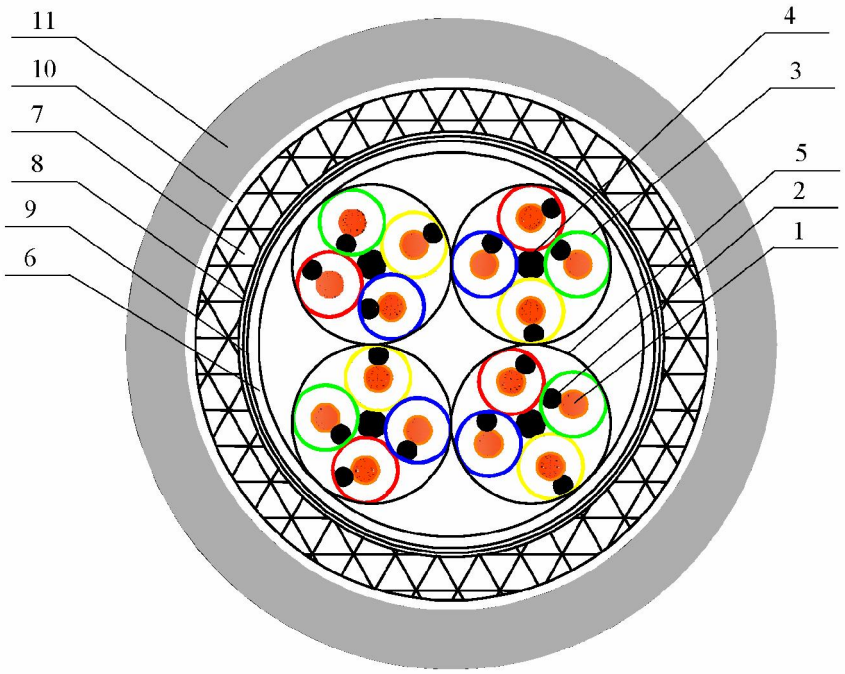
1.2.1.3 Конструкція кабелю типу МКСС

Кабелі МКСС – симетричні ВЧ кабелі у сталевій гофрованій оболонці, випускаються з кількістю четвірок чотири та сім [1, 2, 3, 4].

Марка кабелю МКСС та галузь його застосування наступні:

МКССШп – симетричний високочастотний кабель з кордельно-полістирольною ізоляцією у сталевій гофрованій оболонці, із захисним покриттям, що складається із в'язкого підклеювального шару на основі бітуму та поліетиленового шланга. Використовується для прокладання в телефонній каналізації, колекторах, тунелях, шахтах та в стійких грунтах I – III категорій без кам'янистих включень та заболочених ділянок (при прокладанні кабелю кабелеукладачем), без пливунів та не в районах вічної мерзлоти, в районах, що не характеризуються підвищеним електромагнітним впливом та небезпекою пошкодження гризунами; для прокладання по мостах та через несудохідні ріки з незаболоченими і стійкими берегами та спокійною течією води (з обов'язковим заглибленням в дно).

На рис. 1.3 представлена конструкція кабелю типу МКССШп 4×4×1,2 [1, 4].



Елементи конструкції кабелю:
1 – струмопровідна жила;
2 – полістирольний кордель;
3 – полістирольна стрічка;
4 – центруючий кордель;
5 – полістирольна стрічка;
6 – поясна ізоляція із кабельного паперу;
7 – сталева гофрована оболонка;
8 – лавсанова плівка;
9 – алюмінієва фольга;
10 – в'язкий підклеювальний шар;
11 – поліетиленовий шланг

Рисунок 1.3 – Поперечний переріз кабелю МКССШп 4×4×1,2 та елементи його конструкції

В табл. 1.6 та 1.7, як приклад наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції осердь кабелів МКССШп 4×4×1,2 та МКССШп 7×4×1,2 відповідно [1, 4].

Таблиця 1.6 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції кабелів типу МКССШп 4×4×1,2

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Струмопровідна жила (мідний дріт марки ММ)	-	1,2	10,2	-
Кордель зі стирофлексу	-	0,8	0,75	-
Дві стрічки 12 мм зі стирофлексу	0,05	2,94	11,55	-
Центруючий кордель зі стирофлексу	-	1,1	1,0	-
Поясна ізоляція кабелю МКССШп 4×4×1,2:				
- папір К-120	0,5	-	17,6	-
- мірна стрічка із паперу К-120	-	-	1,3	-
- алюмінієва фольга	0,2	-	34,1	-
- лавсанова плівка	0,02	-	1,43	-
Розмір та загальна маса осердя кабелю	-	16,54	-	246,6
Сталева гофрована оболонка	0,4	22,5	252	-
Підклеювальний шар	0,5	-	84,3	-
Поліетиленовий шланг	2,5	-	195	-
Максимальне значення зовнішнього діаметра та маси кабелю	-	28,5	-	778

Таблиця 1.7 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції кабелів типу МКССШп 7×4×1,2

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Струмопровідна жила (мідний дріт марки ММ)	-	1,2	10,2	-
Кордель зі стирофлексу	-	0,8	0,75	-
Дві стрічки 12 мм зі стирофлексу	0,05	2,94	11,55	-
Центруючий кордель зі стирофлексу	-	1,1	1,0	-
Поясна ізоляція кабелю МКССШп 4×4×1,2:				
- папір К-120	0,5	-	20,8	-
- мірна стрічка із паперу К-120	-	-	1,3	-
- алюмінієва фольга	0,2	-	44,5	-
- лавсанова плівка	0,02	-	1,86	-
Розмір та загальна маса осердя кабелю	-	21,44	-	405,2
Сталева гофрована оболонка	0,4	28,2	309	-
Підклеювальний шар	0,5	-	119	-
Поліетиленовий шланг	2,5	-	281	-
Максимальне значення зовнішнього діаметра та маси кабелю	-	34,2	-	1114

1.2.2 Конструкції симетричних кабелів з суцільною поліетиленовою ізоляцією

Симетричні ВЧ кабелі зв’язку з поліетиленовою ізоляцією призначені для ліній зонового зв’язку. Кабелі виготовляються в полівінілхлоридній, поліетиленовій та алюмінієвій оболонках.

Осердя кабелю складається із однієї четвірки з мідними жилами діаметром 1,2 мм із заповненням з композиції поліетилена з бутилкаучуком.

Кабелі можуть прокладатись ручним та механізованим способом при температурі повітря не нижче -10 °С.

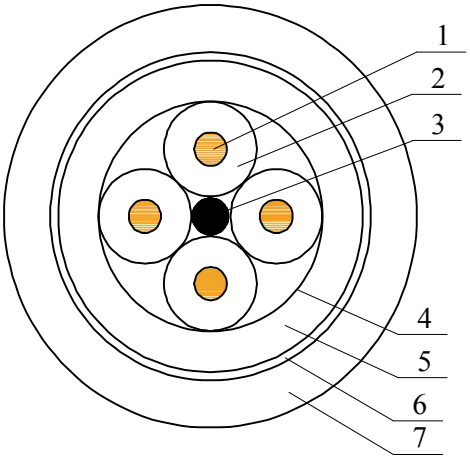
Допустима робоча напруга дистанційного живлення 690 В змінного струму промислової частоти або 1000 В постійного струму.

1.2.2.1 Конструкція кабелю типу МКПВ 1×4×1,2

Кабель типу МКПВ 1×4×1,2 з суцільною поліетиленовою ізоляцією є основним типом одночетвіркових кабелів.

На рис. 1.4 показана конструкція кабелю типу МКПВ 1×4×1, 2 [5].

В табл. 1.8 наведено габаритні розміри елементів конструкції кабелю типу МКПВ 1×4×1, 2 [5].



Елементи конструкції кабелю:
1 – мідна струмопровідна жила;
2 – суцільна поліетиленова ізоляція;
3 – центруючий кордель;
4 – поліетиленова стрічка;
5 – внутрішня поліетиленова оболонка;
6 – екран із двох алюмінієвих або мідних стрічок;
7 – зовнішня поліетиленова оболонка

Рисунок 1.4 – Поперечний переріз кабелю МКПВ 1×4×1,2 та елементи його конструкції

Таблиця 1.8 – Розміри елементів конструкції кабелю типу МКПВ 1×4×1,2

Елемент конструкції	Розмір, мм
Мідний провідник (діаметр)	1,2
Суцільна поліетиленова ізоляція жил (радіальна товщина)	1,1
Ізольована жила (діаметр)	3,4
Центруючий кордель (діаметр)	1,3
Четвірка (діаметр)	8,1
Поліетиленова плівка для обмотки скрученої четвірки (товщина)	0,1
Внутрішня поліетиленова оболонка (радіальна товщина)	1,5
Екран: з двох алюмінієвих стрічок (товщина) або з двох мідних стрічок (товщина)	 0,15 0,10
Зовнішня оболонка з поліхлорвінілу або поліетилену (товщина)	1,7
Зовнішній діаметр кабелю	15,2

В даний час кабельною промисловістю випускається також кабель типу МКПВБ 1×4×1,2. Зовнішній діаметр кабелю типу МКПВБ – 27,8 мм; вага – 500 кг/км.

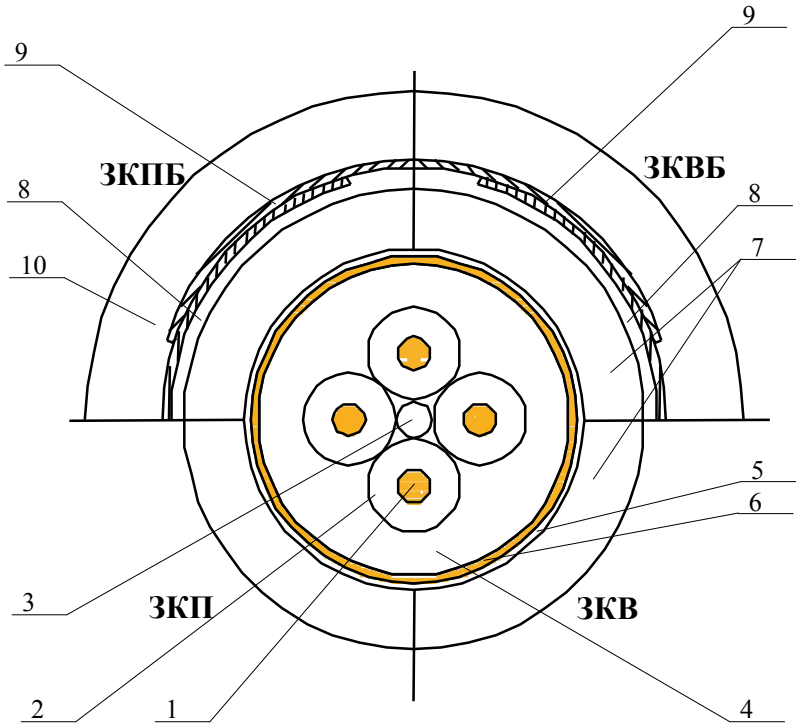
1.2.2.2 Конструкція кабелю типу ЗКП 1×4×1,2

Випускаються наступні марки кабелів типу ЗКП:
ЗКП – одночетвірковий кабель у поліетиленовій оболонці;
ЗКПБ – те саме, зі стрічковою бронею;
ЗКПК – те саме, з бронею із круглих дротів;
ЗКВ – одночетвірковий кабель у полівінілхлоридній оболонці;
ЗКВБ – те саме, зі стрічковою бронею;
ЗКВК – те саме, з бронею із круглих дротів;

ЗКПАШп – одночетвірковий кабель, з поліетиленовою ізоляцією, в алюмінієвій оболонці, з захисним покриттям, що складається із в'язкого підклеювального шару на основі бітуму та поліетиленового шланга.

Жили першої пари мають кольори червоний та жовтий, другої пари – синій та зелений.

На рис. 1.5 наведена конструкція кабелів типу ЗКП, ЗКПБ, ЗКВБ, ЗКВ [4]. На рис. 1.6 наведена конструкція кабелю типу ЗКПАШп [4].



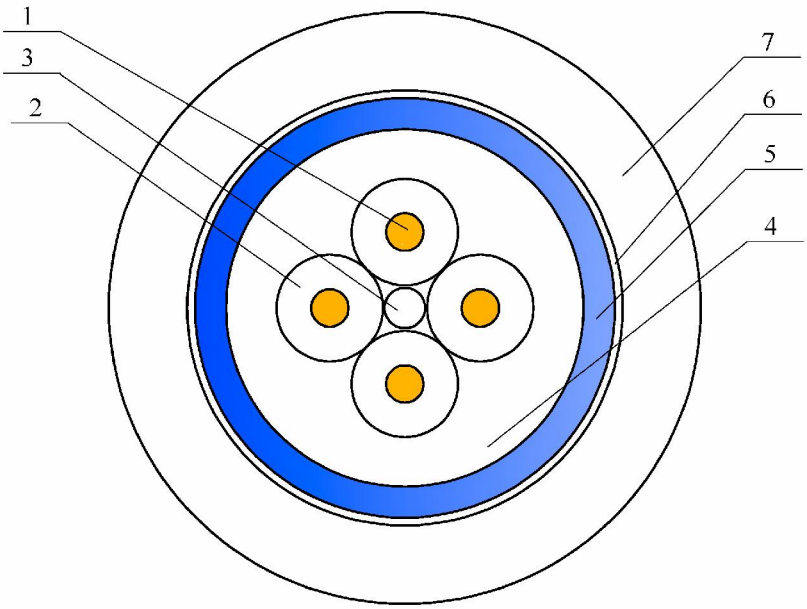
Елементи конструкції кабелю:
1 – струмопровідна жила;
2 – поліетиленова ізоляція;
3 – поліетиленовий кордель;
4 – заповнення із композиції;
5 – в'язкий підклеювальний шар;
6 – екран із двох стрічок алюмінієвої або мідної фольги;
7 – зовнішня оболонка із полівінілхлоридного пластикату;
8 – подушка;
9 – броня із двох сталевих стрічок;
10 – зовнішня оболонка зі світлостабілізованого поліетилену

Рисунок 1.5 – Поперечний переріз кабелю ЗКП 1×4×1,2 та елементи його конструкції

В табл. 1.9 наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції осердь представлених кабелів [4].

Таблиця 1.9 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції осердь кабелів ЗКП 1×4×1,2, ЗКВ 1×4×1,2, ЗКПБ 1×4×1,2, ЗКВБ 1×4×1,2, ЗКПАШп 1×4×1,2

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Струмопровідна жила (мідний дріт марки ММ)	-	1,2	10,1	-
Ізоляція із поліетилену	1,1	3,4	7,9	-
Центруючий поліетиленовий кордель	-	1,3	1,3	-
Осердя 1×4: - зіркова четвірка з кроком 160 мм - заповнення із композиції	 - -	 8,2 11,4	 - 62,2	 73,3 -
Розмір та загальна маса	-	11,4	-	135,5



Елементи конструкції кабелю:
1 – струмопровідна жила;
2 – поліетиленова ізоляція;
3 – центруючий кордель;
4 – заповнення із композиції на основі поліетилену;
5 – алюмінієва оболонка;
6 – шар бітумного складу;
7 – поліетиленовий шланг

Рисунок 1.6 – Поперечний переріз кабелю ЗКПАШп 1×4×1,2 та елементи його конструкції

В табл. 1.10 наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції захисних покриттів кабелів ЗКП 1×4×1,2; ЗКВ 1×4×1,2; ЗКПБ 1×4×1,2; ЗКВБ 1×4×1,2 [4].

Таблиця 1.10 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелів ЗКП 1×4×1,2; ЗКВ 1×4×1,2; ЗКПБ 1×4×1,2; ЗКВБ 1×4×1,2

Елемент конструкції	ЗКВ 1×4×1,2		ЗКВБ 1×4×1,2		ЗКП 1×4×1,2		ЗКПБ 1×4×1,2	
	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса
Алюмінієвий/мідний екран	0,3/ 0,2	31,2/ 60,3	0,3/ 0,2	31,2/ 60,3	0,3/ 0,2	31,2/ 60,3	0,3/ 0,2	31,2/ 60,3
Бітумний склад	0,25	9,6/ 9,45	0,25	9,6/ 9,45	0,25	9,6/ 9,45	0,25	9,6/ 9,45
Полівінілхлоридна оболонка	2,2	137/ 134	2,2	137/ 134	-	-	-	-
Поліетиленова оболонка	-	-	-	-	2,2	93,5/ 92	2,2	93,5/ 92
Подушка із 6-ти стрічок паперу	-	-	1,0	31,4	-	-	1,0	31,4
Броня із двох сталевих стрічок	-	-	0,6	210/ 207	-	-	0,6	210/ 207
Зовнішнє покриття:			2,0				2,0	
- кабельна пряжа	-	-		90/85	-	-		90/85
- поливальний склад	-	-		108/103	-	-		108/103
- просочувальний склад	-	-		61/52	-	-		61/52
- крейда	-	-		22	-	-		22
Максимальні діаметр та маса кабелю	16,9/ 16,7	313/ 339	24,1/ 23,9	836/ 839	16,9/ 16,7	270/ 297	24,1/ 23,9	790/ 797

Примітка. В чисельнику представлені дані для кабелів з екраном із алюмінієвої фольги, а в знаменнику – для кабелів з екраном із мідної фольги.

В табл. 1.11 наведено габаритні розміри, маса та матеріали елементів конструкції захисних покриттів кабелю ЗКПАШп 1×4×1,2.

Таблиця 1.11 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелю ЗКПАШп 1×4×1,2

Елемент конструкції	ЗКПАШп 1×4×1,2	
	розмір	маса
Алюмінієва оболонка	1,0	129
Бітумний склад	0,25	10,7
Поліетиленова оболонка	2,5	125
Максимальні діаметр та загальна маса кабелю	18,9	400

1.2.2.3 Конструкції симетричних кабелів для мереж абонентського доступу

На мережах місцевого зв'язку в наш час застосовуються низькочастотні телефонні кабелі з мідними жилами з поліетиленовою ізоляцією без і з гідрофобним заповненням осердя (рис. 1.7). До таких кабелів можна віднести [6]: ТПП, ТПЭПЗ, ТПппЗП та ін.

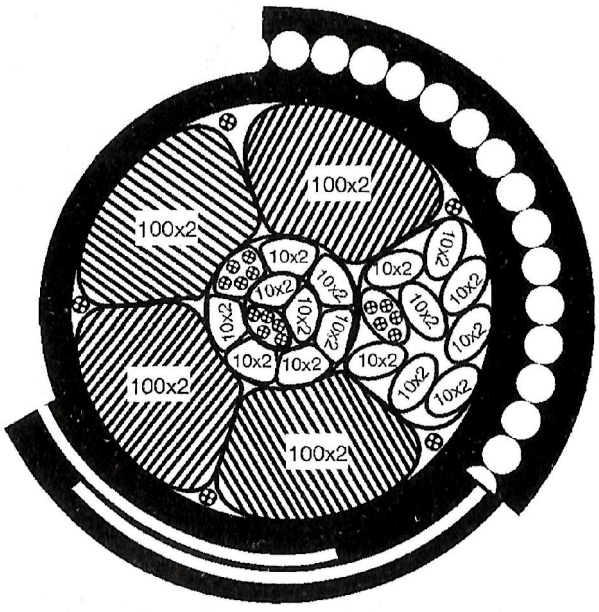


Рисунок 1.7 – Загальний вид поперечного перетину 600-парного кабелю, заповненого гідрофобним заповнювачем

Струмопровідні жили кабелів виготовляються з м'якого мідного дроту марки ММ діаметром (0,4; 0,5; 0,64; 0,7 і 0,9) мм та ізолюються суцільним шаром поліетилену з такою самою товщиною, як у незаповнених (ТПП) кабелях. Дві або чотири жили різного кольору скручуються в елементарну групу – пару або четвірку з кроком не більше 100 мм.

Осердя кабелів ємністю до 30 пар (15 четвірок) скручується за системою повивного скручення, а ємністю (50 і 100) пар (25 і 50 четвірок) – за системою пучкового скручення з елементарних десятипарних (2+8)×2 або п’ятичетвіркових (5×4) пучків. Вільний простір осердя заповнюється гідрофобним компаундом. Поверх скрученого та заповненого осердя накладена поясна ізоляція з поліетиленової або полівінілхлоридної стрічки з перекриттям (20…25) %. При виготовленні кабелю процеси скручення осердя, заповнення вільного об'єму та накладення поясної ізоляції об'єднуються в одну технологічну операцію.

В кабелях марок ТПЭПЗ і ТПЭПЗБП на поясну ізоляцію послідовно накладається шар гідрофобного заповнювача товщиною близько (0,1…0,15) мм та екран з алюмінієвої стрічки товщиною (0,1…0,2) мм з перекриттям не менше 10%. Зверху екрана в кабелях марки ТППЗБП поясна ізоляція покривається оболонкою зі світло стабілізуючого поліетилену. На оболонку накладаються послідовно захисні покрови: дві полівінілхлоридні стрічки з перекриттям 20 %; дві (в ТПЭПЗБП) або одна (в ТППЗБП) стальні стрічки товщиною (0,1…0,3) мм з антикорозійним покриттям; захисний шланг зі світлостабілізуючого поліетилену. Поліетиленова оболонка і шланг герметичні, їх усадка не більше 3 %, відносне видовження при розриві – не менше 250 %. Допустимий радіус вигину становить для неброньованих кабелів не менше десяти діаметрів по оболонці, а для броньованих – не менше 12 діаметрів. Кабелі призначені для експлуатації при температурі навколишнього середовища від -50 до +50° С.

Для прокладання в кабельній каналізації, колекторах та в ґрунтах усіх категорій, що не підлягають мерзлотним деформаціям застосовують кабелі марок СТПАПП, СТПАППБ, СТПАППБГ, СТПАВ, СТПАПБП. Ці кабелі використовуються для захисту від зовнішніх електромагнітних впливів.

В них поясну ізоляцію накладають із пластмасових або паперових стрічок радіальною товщиною не менше 1,32 мм. Поверх поясної ізоляції кабелів з заповненим осердям повинен бути прокладений шар гідрофобного заповнення, який разом з заповненням осердя повинен забезпечувати вологу непроникність кабелю. Зверху накладається алюмінієва оболонка та антикорозійний шар бітуму товщиною не менше 0,25 мм та поліетиленову оболонку.

Проблема використання абонентських ліній, так званої «останньої милі», для організації зв'язку із застосуванням обладнання ЦСП і малоканальних цифрових систем передачі зі структурою доступу 2*B*+*D* (2×64 + 16 кбіт/с) і 30*B* +*D* (30×64 + 16 кбіт/с) в даний час є досить актуальною.

Для забезпечення можливості функціонування систем ЦСП розроблено цілий комплекс кабелів, сконструйованих на базі основного елемента «скрученої пари» (табл. 1.12).

Таблиця 1.12 – Кабелі для застосування на абонентських лініях МТМ при використанні ЦСП і малоканальних цифрових систем передачі

Марка кабелю	Область застосування та умови прокладання
ТПВАД 1×2×0,5 2×2×0,5 3×2×0,5 4×2×0,5 5×2×0,5	Кабелі з циліндричним осердям для передачі сигналів до 200 кГц. Прокладання всередині будівель, внутрішньошафовий монтаж
ТПВП АД 2×2×0,5 4×2×0,5	Теж саме, з плоским (стрічковим) виконанням
ТПВЭ АД 1×2×0,5 2×2×0,5 4×2×0,5	Кабелі з циліндричним екранованим осердям для прокладання в будівлях в умовах підвищених електромагнітних впливів та діапазоні частот до 200 кГц
ТПВЭ АД 2 (1×2×0,5) 2 (2×2×0,5) 2 (4×2×0,5)	Кабелі з двома паралельно укладеними екранованими групами для передачі сигналів у діапазоні частот до 2048 кГц для прокладання всередині будівель

Область застосування кабелів – мережа абонентського доступу:

– неекрановані – до 200 кГц;

– екрановані – до 200 кГц;

– екрановані – до 2048 кГц.

Кабелі виконані у вигляді циліндричної або плоскої (стрічкової) форми. Осердя кабелів складається з однієї, двох, трьох, чотирьох і п'яти пар мідних жил діаметром 0,5 мм, ізольованих суцільним поліетиленом. Скручення пар односпрямоване з кроком (20…40) мм. Поверх скрученого осердя накладена оболонка з полівінілхлориду.

1.2.2.4 Конструкції кабелів сільського зв’язку з поліетиленовою ізоляцією жил марки КСПЗП

Для організації малих пучків з’єднувальних ліній (ЗЛ) застосовуються одночетвіркові кабелі без та з гідрофобним заповненням уніфікованої конструкції КСПП 4×4×0,9, КСПЗП 1×4×0,9; КСПЗПБ 1×4×0,9; КСПЗПт 1×4×0,9; КСПЗПК 1×4×0,9 (ТУ 16.К71-061-89), що забезпечують роботу ЦСП ИКМ-30С зі швидкістю 2048 кбіт/с, а також двочетвіркові кабелі з гідрофобним заповненням, з екранованими групами КСПЗПБ 2×4×0,9, які мають підвищені перехідні загасання між колами, що дозволяє функціонувати цифровим системам передачі ИКМ-30СУ і ИКМ-120 з підсилювальною здатністю до 60 дБ [4, 6, 7].

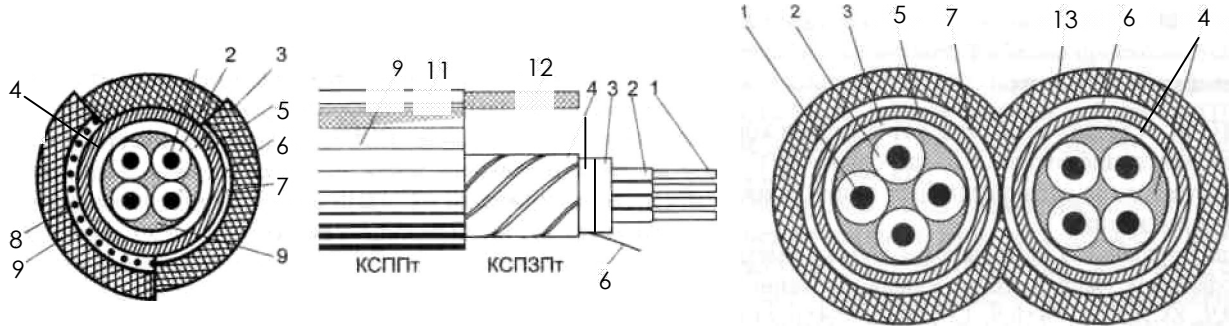
Осердя одно- та двочетвіркових кабелів уніфіковане (рис. 1.8). Одночетвірковий кабель (рис. 1.8,а) містить чотири мідні жили діаметром

0,9 мм, ізольовані суцільним поліетиленом радіальною товщиною 0,9 мм, скручені в четвірку із кроком не більше 150 мм. Поверх скрученого осердя накладається послідовно поясна ізоляція у вигляді трубки з поліетилену і екран із алюмінієвої відпалюваної стрічки – накладений поздовжньо або поперечно з перекриттям не менше 10 %. Під екран покладений поздовжньо мідний луджений дріт діаметром (0,3...0,4) мм. Вільний об'єм під поясною ізоляцією заповнений гідрофобним заповнювачем. Поверх екрана накладається: у небронюваних кабелях КСПЗП поліетиленова оболонка, в бронюваних КСПЗПБ – броня зі сталевої стрічки радіальною товщиною 0,1 мм з бітумним покриттям і захисний поліетиленовий шланг.

Кабелі для підвішування на опорах повітряних ліній КСПЗПт 1×4×0,9 мають вбудований трос (рис. 1.8,б), а для прокладання через водні перешкоди КСПЗПК 1×4×0,9 – броню з круглого сталевого дроту, захищену поліетиленовим шлангом (рис. 1.8,а).

1.2.2.5 Конструкції симетричних кабелів структурованих мереж

«Вита пара» (англ. twisted pair) – вид кабелю зв'язку, що являє собою одну або кілька пар ізольованих провідників, скручених між собою та вкритих пластиковою оболонкою [6, 8].



а) б) в)

Рисунок 1.8 – Конструкції одночетвіркового (а – підземний з різними броньовими покривами; б – підвісний) та двочетвіркового (в) високочастотних кабелів сільського зв’язку типу КСПЗП: а): 1 – мідна струмопровідна жила; 2 – ізоляція; 3 – поясна ізоляція; 4 – гідрофобний заповнювач; 5 – алюмінієвий екран; 6 – екранний мідний дріт; 7 – сталева стрічкова броня; 8 – сталева дротяна броня; 9 – поліетиленова оболонка в небронюваних або захисний шланг в бронюваних конструкціях; 10 – гідрофобний заповнювач (у кабелі КСПЗП); 11 – захисний шланг на несучому тросі; 12 – несучий трос; 13 – загальний захисний шланг

«Вита пара» є найпоширенішим компонентом при побудові структурованих кабельних систем (СКС) та мереж передачі даних: локальні (комп'ютерні) і телефонні мережі, системи безпеки і контролю доступу, системи відеоспостереження, системи автоматизації та диспетчеризації.

Кожна «вита пара» утворюється двома провідниками, скрученими з власним кроком скручення, що знижує перехресні перешкоди з боку сусідніх пар. Кілька пар утворюють осердя кабелю, яке також скручується з певним кроком скручення.

«Виту пару» можна класифікувати за типом екранування [6, 8]:

– «вита пара» UTP (U/UTP) – Unshielded Twisted Pair – звичайний неекранований кабель;

– «вита пара» FTP (F/UTP) – Foiled Twisted Pair – кабель із загальним екраном з фольги;

– «вита пара» STP (U/FTP) – Shielded Twisted Pair – кабель з екраном з фольги для кожної пари;

– «вита пара» S-FTP (SF/UTP) – Screened Foiled Twisted Pair – кручені пари в загальному екрані з фольги та обплетення;

– «вита пара» S-STP (F/FTP, S/FTP) – Screened Shielded Twisted Pair – екрановані виті пари, загальний екран пар з обплетення.

Екранування забезпечує кращий захист від зовнішніх та внутрішніх електромагнітних наведень. Екран по всій довжині з’єднаний з неізольованим дренажним дротом, який об'єднує екран в разі поділу на секції при зайвому згинанні або розтягуванні кабелю.

Існує кілька категорій кабелю «вита пара», які нумеруються від Cat.1 до Cat.7. Категорія кабелю визначає розрахункову швидкість передачі даних [6, 8].

Будівництво та розвиток структурованих кабельних мереж (СКМ) на базі кабелів «вита пара» здійснюється у відповідності з американським стандартом TIA/EIA-568 та його аналогом – міжнародним стандартом ISO/IEC 11801, а також європейським EN 50173.

Перераховані стандарти визначають клас використання обладнання, яке може обмінюватися даними по мережі СКС. Передбачено шість класів ліній (табл. 1.13).

«Вита пара» складається з кількох скручених пар. Провідники в парах виготовлені з монолітного мідного дроту товщиною (0,4…0,6) мм. Крім метричної, застосовується американська система AWG, в якій ці величини складають 26AWG або 22AWG відповідно. У стандартних чотирьохпарних кабелях в основному використовуються провідники діаметром 0,51 мм (24AWG). Товщина ізоляції провідника – близько 0,2 мм, матеріал зазвичай полівінілхлорид (PVC), для більш якісних зразків 5 категорії – поліпропілен

(PP), поліетилен (PE). Особливо високоякісні кабелі мають ізоляцію зі спіненого поліетилену, який забезпечує низькі діелектричні втрати, або тефлону, що забезпечує широкий робочий діапазон температур.

Таблиця 1.13 – Класифікація структурованих кабельних мереж

Клас лінії	Область застосування
A	Телефонні канали ЦСП та низькочастотний обмін даними. Максимальна частота сигналу – 100 кГц
B	Пристрої ЦСП з середньою швидкістю обміну даними. Максимальна частота сигналу – 1 МГц
C	Пристрої з високою швидкістю обміну. Максимальна частота сигналу – 16 МГц
D	Пристрої з дуже високою швидкістю обміну даними. Максимальна частота сигналу – 100 МГц
E	Максимальна частота сигналу – 250 МГц
F	Максимальна частота сигналу – (600…1200) МГц

Зовнішня оболонка 4-парних кабелів має товщину (0,5…0,9) мм в залежності від категорії кабелю і зазвичай виготовляється з полівінілхлориду з додаванням крейди, яка підвищує її крихкість. Це необхідно для точного обриву за місцем надрізу лезом відрізного інструмента. Крім цього, для виготовлення оболонки використовуються полімери, які не підтримують горіння і не виділяють при нагріванні галогени (такі кабелі маркуються як LSZH – Low Smoke Zero Halogen). Кабелі, що не підтримують горіння і не виділяють дим, дозволяється прокладати і використовувати в закритих областях, де можуть проходити повітряні потоки системи кондиціонування і вентиляції.

Нині виробляється широкий спектр конструкцій витої пари. На прикладі розглянемо конструкції «витої пари» виробництва ПАТ «Одескабель».

На рис. 1.9 наведено поперечні розтини кабелів «вита пара» марки КПВ різних категорій.

1.2.3 Конструкції коаксіальних кабелів електрозв’язку

Коаксіальні кабелі електрозв’язку містять у собі стандартні коаксіальні пари 2,58/9,4; 1,2/4,6 та 2,14/9,7 мм незалежно від типу та марки кабелю.

Прокладання кабелів може виконуватись ручним та механізованим способами без попереднього прогріву за температури не нижче -10 °С.

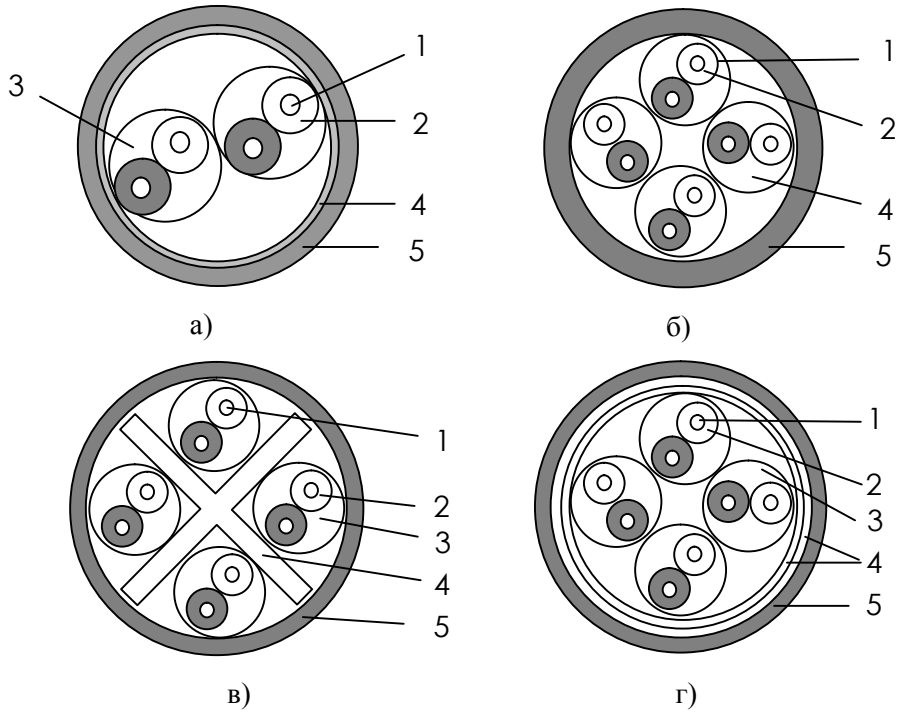


Рисунок 1.9 – Поперечні розтини кабелів «вита пара»: а) КПВЭ-ВП (16) 2×2×0,51 FTP Cat.3; б) КПВ-ВП (250) 4×2×0,51 UTP Cat.5e; в) КПВ-ВП (350) 4×2×0,51 UTP Cat.6; г) КПВО-ВПЭ (600) 4×2×0,57 S-STP Cat.7

1.2.3.1 Кабелі типу КМ-4

Кабелі призначені для багатоканального зв'язку та телебачення для АСП К-1920 в діапазоні до 8,5 МГц; К-3600 в діапазоні до 17,6 МГц; К-5400 в діапазоні 31,1 МГц. Допустима робоча напруга дистанційного живлення 1400 В постійного струму або 1000 В змінного струму.

Радіус вигину при прокладанні не повинен перебільшувати 15 діаметрів по свинцевій оболонці для кабелів марок КМЄБ-4 та КМЄБл-4 та 12,5 діаметрів по свинцевій оболонці для усіх інших марок кабелів.

Нумерація коаксіальних пар прийнята наступна:

- коаксіальна пара I – між червоною та синьою (зеленою) четвірками;
- коаксіальна пара II – між білою та коричневою (чорною) четвірками;
- коаксіальна пара III – між синьою (зеленою) та білою четвірками;
- коаксіальна пара IV – між коричневою (чорною) та червоною четвірками.

Марка кабелів КМ-4 та галузі їх застосувань такі [1, 4]:

КМГ-4 – кабель коаксіальний магістральний з чотирма коаксіальними парами у свинцевій оболонці. Використовується для прокладання в телефонній каналізації.

КМБ-4 – те саме, броньований двома сталевими стрічками з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для прокладання в грунті.

КМБГ-4 – те саме, броньований двома сталевими стрічками з антикорозійним захистом. Для прокладання в колекторах.

КМБл-4 – те саме, із шаром полівінілхлоридного пластикату, броньований двома сталевими стрічками з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для прокладання в землі в агресивних грунтах.

КМБШп-4 – те саме, броньований двома сталевими стрічками з випресованим поліетиленовим шлангом поверх броні. Використовується для прокладання в землі в агресивних грунтах, де необхідно захищати сталеві стрічки.

КМК-4 – те саме, броньований круглими сталевими оцинкованими дротами з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для організації річкових переходів.

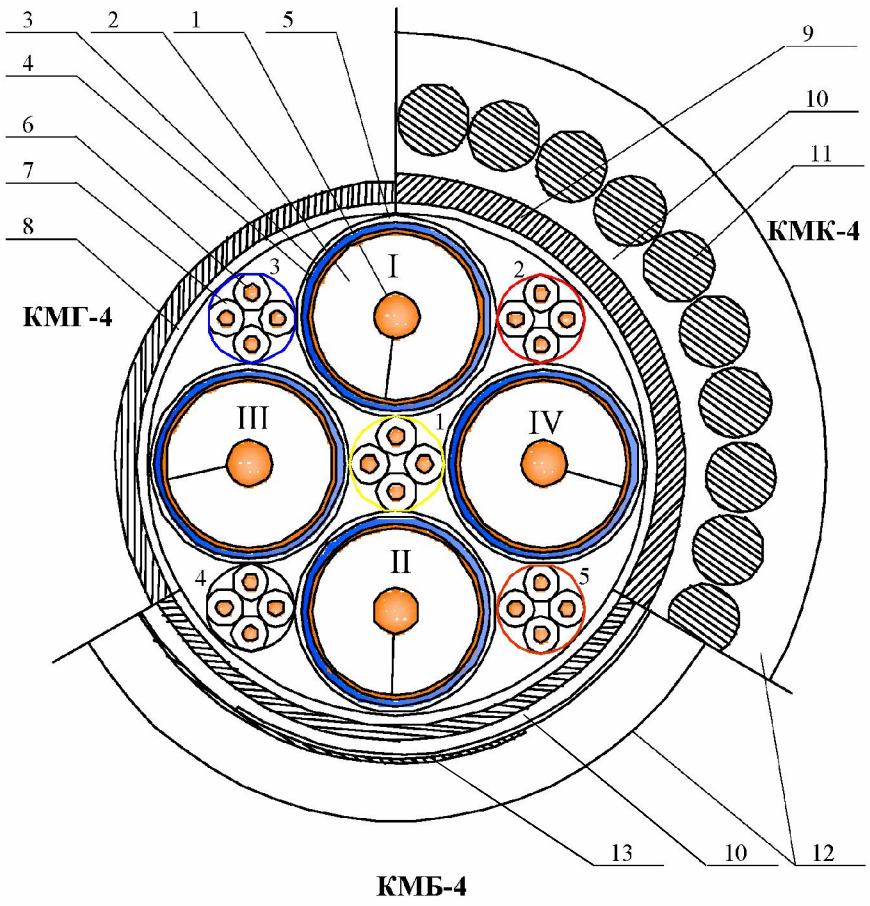
КМКл-4 – те саме, із шаром полівінілхлоридного пластикату по оболонці. Використовується в агресивних грунтах дна річки, озера.

КМЄБ-4 – кабель коаксіальний магістральний з чотирма коаксіальними парами в алюмінієвій та свинцевій оболонках, броньований двома сталевими стрічками, з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для прокладання в землі в районах високої грозодіяльності та ділянках зближення з електрифікованими залізницями та лініями електропередачі в умовах підвищених впливів.

КМЄБл-4 – те саме, з випресованим полівінілхлоридним шлангом по оболонці. Використовується для прокладання в агресивних грунтах.

На рис. 1.10 представлено конструкцію кабелів КМГ-4, КМК-4 та КМБ-4 [1, 4]. Крім чотирьох коаксіальних пар під загальною оболонкою розташовано п’ять симетричних четвірок для службового зв’язку та телесигналізації.

В табл. 1.14 наведено габаритні розміри та маса елементів конструкції осердя кабелів типу КМ-4. В табл. 1.15 наведено габаритні розміри і маса оболонок та захисного покриття кабелів КМГ-4, КМБ-4 та КМК-4 [1, 4].



Елементи конструкції кабелю:
1 – внутрішній провід коаксіальної пари;
2 – шайби поліетиленові;
3 – зовнішній провід коаксіальної пари;
4 – екран із двох сталевих стрічок;
5 – стрічки паперові К-120;
6 – провід мідний симетричної четвірки;
7 – трубчато-паперова ізоляція із двох стрічок;
8 – обмотка 4 – 6-ма стрічками із кабельного паперу;
9 – свинцева оболонка;
10 – подушка;
11 – броня із сталевого дроту;
12 – зовнішнє покриття;
13 – броня із двох сталевих стрічок

Рисунок 1.10 – Поперечний переріз кабелів КМГ-4, КМК-4, КМБ-4 та елементи їх конструкції

Таблиця 1.14 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції осердя кабелю КМ-4

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Коаксіальна пара 2,58/9,4:				
- мідний дріт (внутрішній провід)	-	2,58	46,5	190,0
- шайби поліетиленові з кроком накладання 30,3 мм	-	9,4	4,1	17,0
- стрічка мідна (зовнішній провід)	0,26	9,92	70,1	286,0
- екран із двох сталевих стрічок, шириною 10 мм	0,30	10,7	61,6	251,0
- стрічки паперові К-120	0,30	11,3	7,7	31,0
- загальна маса	-	-	190,0	775,0
Симетрична четвірка центральна 1×4×0,9:				
- провід марки ПЄЛ-0,9	-	0,96	24,0	24,0
- трубчато-паперова ізоляція із двох стрічок	0,17	2,2	5,7	5,7
- загальна маса	-	-	29,7	29,7

Закінчення табл. 1.14

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Симетричні четвірки 1×4×0,9:				
- мідний дріт	-	0,9	23,1	92,0
- трубчато-паперова ізоляція із двох стрічок	0,17	2,2	5,9	23,4
- загальна маса	-	-	29,0	115,4
Осердя кабелю:				
- центр: 1×4×0,9	-	4,6	-	29,7
- повив: 4×2,6/9,4 + 4×4×0,9	-	27,0	-	890,7
- обмотка 4-6-ма стрічками кабельного паперу та мірна стрічка	0,6	28,2	-	42,0
- загальна маса осердя	-	-	-	962,0

Таблиця 1.15 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелів КМГ-4, КМБ-4 та КМК-4

Елемент конструкції	КМГ-4		КМБ-4		КМК-4	
	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса
Діаметр осердя	28,2	-	28,2	-	28,2	-
Свинцева оболонка	1,8	2012	1,5	1675	2,1	2408
Діаметр по свинцю	31,8	-	31,2	-	32,6	-
Подушка:						
- папір	-	-	-	109	-	33
- кабельна пряжа	-	-	-	-	-	98
- бітум	-	-	-	109	-	130
- просочений склад	-	-	-	-	-	65
Броня:						
- 2 сталеві стрічки по 0,5 мм	-	-	1,0	630	-	-
- сталевий дріт	-	-	-	-	4,0	3148
Зовнішнє покриття:	-	-	2,0	-	2,0	-
- кабельна пряжа	-	-	-	144	-	176
- бітум	-	-	-	144	-	176
- просочений склад	-	-	-	72	-	88
- крейда	-	-	-	36	-	44
Максимальне значення зовнішнього діаметра та маси кабелю	31,8	2974	40,2	3881	48,6	7328

1.2.3.2 Кабелі типу КМ-8/6

Комбіновані кабелі КМ-8/6 містять у собі коаксіальні пари 2,6/9,5 і 1,2/4,6 та симетричні групи. Комбіновані кабелі дозволяють:

– організувати потужні пучки телефонних каналів та телевізійну передачу на великі відстані по коаксіальних парах 2,6/9,5 за допомогою систем передавання К-1920, К-3600 та К-10800, а також ІКМ-1920;

– забезпечити розподілювальні канали для зв’язку між містами та проміжними пунктами, розташованими на магістралі, по коаксіальних парах 1,2/4,6 за допомогою систем передавання К-300 та ІКМ-480;

– забезпечити виділення необхідної кількості каналів в будь-якому пункті траси із системи передавання К-24К, що організується по симетричних парах;

– організувати службовий зв’язок та телесигналізацію по симетричних парах та четвірках.

В табл. 1.16 наведено дані про кількість каналів, які можна організувати по комбінованих коаксіальних кабелях [2].

Таблиця 1.16 – Кількість каналів, утворюваних по кабелю КМ-8/6

Система передавання	Кількість каналів по коаксіальних парах		Загальна кількість каналів
	2,6/9,5	1,2/4,6	
К-1920	7680	900	8580
К-3600	14400	900	15300

Кабелі КМ-8/6 мають наступну номенклатуру:

КМГ-8/6 – у свинцевій оболонці;

КМБ-8/6 – те саме, броньований двома сталевими стрічками;

КМБл-8/6 – те саме, із шаром полівінілхлоридного пластикату по оболонці, броньований двома сталевими стрічками;

КМК-8/6 – те саме, броньований круглими сталевими дротами;

КМКл-8/6 – те саме, із шаром полівінілхлоридного пластикату, броньований круглими сталивими дротами.

Прокладання кабелів повинне відбуватись за температури не нижче -10^0С, транспортування – від -30 °С до +40 °С. Допустимі механічні напруги при прокладанні не повинні перебільшувати 4900 Н. Допустима робоча напруга дистанційного живлення складає 1000 В змінного струму (1400 В постійного струму) для пар 2,6/9,5 та 660 В змінного струму (1000 В постійного струму) для пар 1,2/4,6.

Нумерація коаксіальних та симетричних пар прийнята наступною:

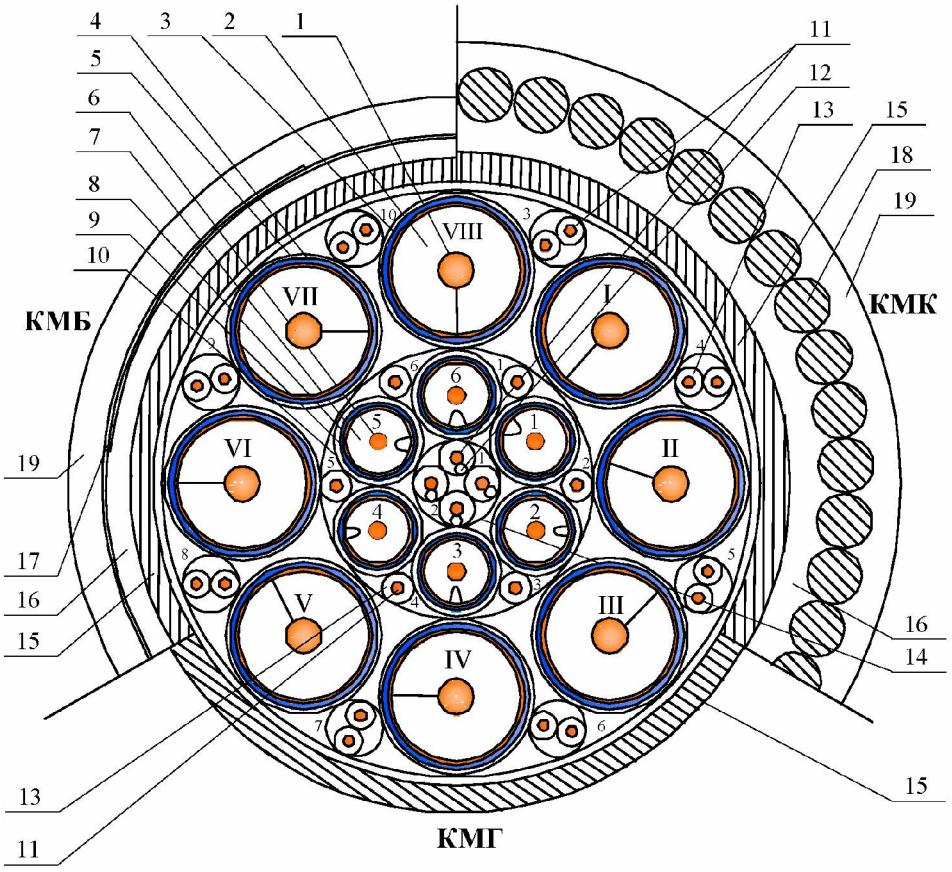
– коаксіальна пара І типу 2,58/9,4 – між третьою (червона-біла) та четвертою (зелена-біла) симетричними парами;

– коаксіальна пара І типу 1,2/4,6 – між червоною та зеленою (синьою) одиночними жилами;

– відлік коаксіальних та симетричних пар з кінця А виконується за годинниковою стрілкою;

– 1 та 2 симетричні пари – пари центральної четвірки.

Конструкція комбінованого кабелю електрозв'язку КМ-8/6 представлена на рис. 1.11 [4].



Елементи конструкції кабелю:
коаксіальна пара 2,58/9,4:
1 – мідний дріт;
2 – шайба поліетиленова з кроком накладання 30,3 мм;
3 – стрічка мідна;
4 – екран із двох сталевих стрічок;
5 – стрічки паперові К-120;
коаксіальна пара 1,2/4,6:
6 – мідний дріт;
7 – трубка поліетиленова з перетисканням;
8 – стрічка мідна гофрована;
9 – екран із двох сталевих стрічок;
10 – стрічка полівінілхлоридна;
симетричні четвірка, пара та одиночна жила:
11 – мідний дріт;
12 – кордель поліетиленовий;
13 – ізоляція із поліетилену;
14 – металізований папір;
оболонки та захисні покриття:
15 – свинцева оболонка;
16 – подушка;
17 – броня із двох сталевих стрічок;
18 – броня із сталевого дроту;
19 – зовнішнє покриття

Рисунок 1.11 – Поперечний переріз кабелю КМ-8/6 та елементи його конструкції

В табл. 1.17 наведено розміри та маса елементів осердя кабелю КМ-8/6 [4].

Таблиця 1.17 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції осердя кабелю КМ-8/6

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Коаксіальна пара 2,58/9,4:				
- мідний дріт (внутрішній провід)	-	2,58	46,5	379,0
- шайби поліетиленові з кроком накладання 30,3 мм	-	9,4	4,1	33,7
- стрічка мідна (зовнішній провід)	0,26	9,92	70,1	572,0
- екран із двох сталевих стрічок шириною 10 мм	0,30	10,7	61,6	503,0
- стрічки паперові К-120	0,30	11,3	7,7	63,0
- загальна маса	-	-	190,0	1550,7

Закінчення табл. 1.17

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Коаксіальна пара 1,2/4,6:				
- мідний дріт (внутрішній провід)	-	1,2	10,1	61,8
- трубка поліетиленова з перестисканням	0,45	4,6	6,1	37,3
- стрічка мідна 0,16 мм гофрована (зовн. ровід)	0,25	5,1	21,3	130,0
- екран із двох сталевих стрічок товщиною 0,1 мм	-	5,6	27,7	169,5
- стрічка полівінілхлоридна товщиною 0,23 мм	0,4	6,4	12,0	73,4
- загальна маса	-	-	77,2	472,0
Симетрична четвірка 1×4×0,9:				
- мідний дріт	-	0,9	5,6	22,8
- ізоляція із поліетилену	0,1	2,3	2,2	8,9
- кордель поліетиленовий	-	0,7	-	0,5
- металізований папір	0,2	5,9	-	5,2
- загальна маса	-	5,9	-	37,6
Симетрична пара 2×0,9:				
- мідний дріт	-	0,9	11,4	93,0
- ізоляція із поліетилену	0,4	2,3	4,4	36,4
- загальна маса	-	-	15,8	129,4
Одиночна жила 1×0,9				
- мідний дріт	-	0,9	5,7	34,6
- ізоляція із поліетилену	0,4	2,3	2,2	13,6
- загальна маса	-	-	7,9	48,2
Осердя:				
- центр:1×4×0,9	-	5,5	-	37,6
- I повив: 6×1,2/4,6 + 6×1×0,9	-	19,8	-	520,2
- II повив: 8×2,58/9,4 + 8×2×0,9	-	42,8	-	1680,0
- обмотування стрічками із кабельного паперу та мірна стрічка	0,6	44,0	-	65,2
- загальна маса осердя	-	-	-	2303,0

В табл. 1.18 наведено розміри і маса оболонок та захисних покриттів кабелів.

Таблиця 1.18 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелів КМГ-8/6, КМБ-8/6 та КМК-8/6

Елемент конструкції	КМГ-8/6		КМБ-8/6		КМК-8/6	
	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса
Свинцева оболонка	2,3	3952	2,0	3414	2,5	4315
Діаметр по свинцю	48,0	-	47,4	-	48,4	-
Подушка:			1,5		2	
- папір	-	-	-	163	-	48
- кабельна пряжа	-	-	-	-	-	142
- бітум	-	-	-	163	-	190
- просочений склад	-	-	-	-	-	95
Броня:						
- 2 сталеві стрічки по 0,5 мм	-	-	1,0	923	-	-
- сталевий дріт	-	-	-	-	4,0	4365

Закінчення табл. 1.18

Елемент конструкції	КМГ-8/6		КМБ-8/6		КМК-8/6	
	розмір	маса	розмір	маса	розмір	маса
Зовнішнє покриття:	-	-	2,0	-	2,0	-
- кабельна пряжа	-	-	-	204	-	235
- бітум	-	-	-	204	-	235
- просочений склад	-	-	-	102	-	117
- крейда	-	-	-	51	-	58
Максимальне значення зовнішнього діаметра та маси кабелю	48,0	6255	56,4	7527	64,4	12103

1.2.3.3 Кабелі типу МКТ-4

Малогабаритні коаксіальні кабелі МКТ-4 призначені для будівництва кабельних магістралей, улаштування рокадних ліній між магістралями та введень радіорелейних ліній. Кабель використовується в діапазоні до 1,3 МГц для системи К-300 та в діапазоні 34 Мбіт/с для системи ІКМ-480.

Нумерація коаксіальних пар та симетричних пар прийнята наступна:

– коаксіальна пара I – між першою (червона-біла) та другою (зелена-біла) симетричними парами;

– коаксіальна пара II – між другою та третьою (синя-біла) симетричними парами;

– відлік коаксіальних пар ведеться з кінця А за годинниковою стрілкою;

– п’ята симетрична пара – центральна (синя-біла).

Будівельна довжина кабелів складає не менше 500 м.

Радіус вигину кабелю при прокладанні не повинен перевищувати 15 діаметрів кабелю по свинцевій (алюмінієвій, поліетиленовій) оболонці.

Марки кабелів МКТ-4 та галузі їх застосування [4]:

МКТП – кабель магістральний коаксіальний телефонно-телевізійний в комбінованій пластмасовій оболонці із поліетилену та полівінілхлоридного пластикату. Використовується для прокладання в землі та каналізації.

МКТПБ – те саме, броньований двома сталевими стрічками з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для прокладання в грунті, в районах, заселених гризунами.

МКТС – кабель магістральний коаксіальний телефонно-телевізійний в свинцевій оболонці. Використовується для прокладання в телефонній каналізації.

МКТСБ – те саме, броньований двома сталевими стрічками з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для прокладання в грунті.

МКТСБП – те саме, броньований двома сталевими стрічками з зовнішньою поліетиленовою оболонкою. Використовується для прокладання в грунті, де необхідно захистити від корозії сталеві стрічки.

МКТСБГ – те саме, броньований двома сталевими оцинкованими стрічками без зовнішнього захисного шару. Використовується для прокладання в колекторах.

МКТСБл – те саме, із шаром полівінілхлоридного пластикату, броньований двома сталевими стрічками з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для прокладання в землі, в агресивних грунтах, де необхідно захистити від корозії свинцеву оболонку.

МКТСК – те саме, броньований круглими сталевими оцинкованими дротами із захисним зовнішнім покриттям. Використовується для річкових переходів.

МКТСКл – те саме, із шаром полівінілхлоридного пластикату, броньований круглими сталевими оцинкованими дротами із захисним зовнішнім покриттям. Використовується для річкових переходів, в агресивних грунтах дна річки, озера.

МКТАШп – кабель магістральний коаксіальний телефонно-телевізійний в алюмінієвій оболонці. Використовується для прокладання в грунті та каналізації в районах, що характеризуються підвищеним електромагнітним впливом.

МКТАБп – те саме, броньований двома сталевими стрічками з захисним зовнішнім покриттям. Використовується для прокладання в грунті, в районах, заселених гризунами та з підвищеним електромагнітним впливом.

МКТАБпШп – те саме, броньований двома сталевими стрічками з зовнішньою поліетиленовою оболонкою. Використовується для прокладання в грунті, де необхідно захистити від впливу корозії сталеві стрічки.

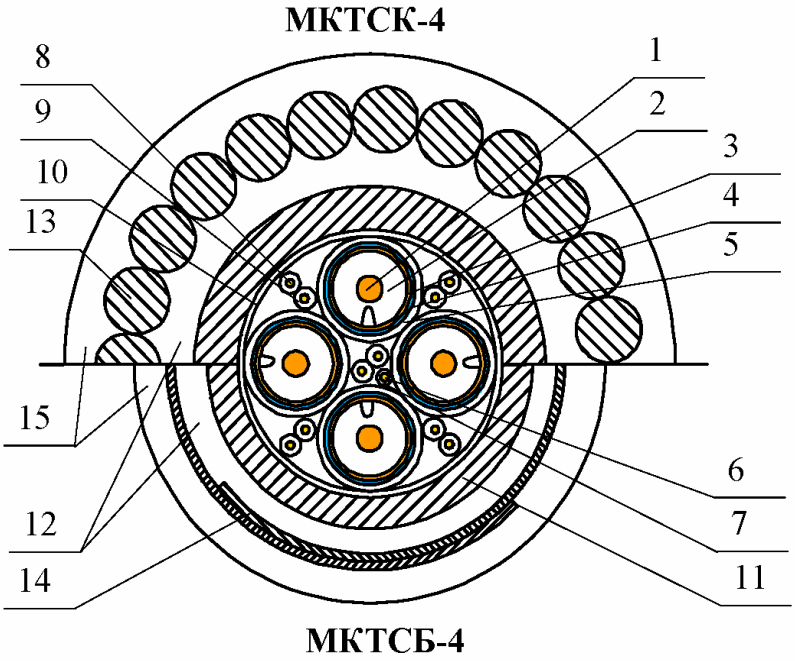
На рис. 1.12 представлена конструкція кабелів МКТСК-4 та МКТСБ-4 [4].

В табл. 1.19 наведено розміри та маса елементів осердя кабелю МКТ-4 [4].

В табл. 1.20 наведено розміри та маса оболонок та захисних покриттів представлених кабелів [4].

1.2.3.4 Кабелі типу ВКПАП

Однокоаксіальний кабель ВКПАП-1х2,1/9,7 призначений для організації зонового (обласного) зв’язку. Кабель використовується в діапазоні до 1,3 МГц обладнанням К-120 за двосмуговою системою: 60…552 кГц в прямому напрямку та 718…1320 кГц у зворотньому напрямку. Довжина підсилювальної ділянки 10 км. Загальна дальність зв’язку з двома переприйомами складає 600 км. Допустима робоча напруга по кабелю 1000 В змінного струму. Можливо також використання кабелю в діапазоні 4,6 МГц для організації 420 каналів (К-420).



Елементи конструкції кабелю:
– коаксіальна пара 1,2/4,6:
1 – мідний дріт;
2 – трубка поліетиленова з перестисканням;
3 – стрічка мідна гофрована;
4 – екран з двох сталевих стрічок;
5 – стрічка полівінілхлоридна.
– контрольна жила:
6 – мідний дріт;
7 – трубка поліетиленова з оголеними місцями;
– симетрична пара:
8 – мідний дріт;
9 – ізоляція із поліетилену.
– оболонки та захисні покриття:
10 – поясна ізоляція;
11 – оболонка зі свинцю;
12 – подушка;
13 – броня зі сталевого дроту;
14 – броня із двох сталевих стрічок;
15 – зовнішнє покриття

Рисунок 1.12 – Поперечний переріз кабелю МКТС та елементи його конструкції

Таблиця 1.19 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції осердя кабелю МКТ-4

Елемент конструкції	Розмір		Маса	
	товщина	діаметр	елементу	виробу
Коаксіальна пара 1,2/4,6:				
- мідний дріт (внутрішній провід)	-	1,2	10,1	41,2
- трубка поліетиленова з перестисканням	0,45	4,6	6,1	24,9
- стрічка мідна 0,16 мм гофрована	0,25	5,1	21,3	86,9
- екран із двох сталевих стрічок товщиною 0,1 мм	0,2	5,6	28,0	116,0
- стрічка полівінілхлоридна товщиною 0,23 мм	0,4	6,4	12,0	49,0
- загальна маса	-	-	77,2	318,0
Контрольна жила 1×0,7				
- мідний дріт	-	0,7	3,4	3,4
- трубка поліетиленова з оголеними місцями	0,3	1,3	0,9	0,9
- загальна маса	-	-	4,3	4,3
Симетрична пара 2×0,7:				
- мідний дріт	-	0,7	3,4	35,0
- ізоляція із поліетилену	0,6	1,9	2,3	23,7
- загальна маса	-	-	5,7	58,7
Осердя 4×1,2/4,6 + 4×2×0,7 + 1×2×0,7 + 1×0,7				
- діаметр та маса осердя	-	15,9	-	382,0

Таблиця 1.20 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції захисних покриттів кабелів МКТСБ-4 та МКТСК-4

Елемент конструкції	МКТСБ-4		МКТСК-4	
	розмір	маса	розмір	маса
Поясна ізоляція та мірна стрічка	0,8	24	0,8	24
Свинцева оболонка	1,25	910	2,0	1511
Діаметр по свинцю	20,0	-	21,5	-
Подушка:	1,5	-	2,0	-
- крепірований папір	-	69	-	22
- бітум	-	69	-	102
- кабельна пряжа	-	-	-	80
- просочений склад	-	-	-	51
Броня:				
- 2 сталеві стрічки по 0,5 мм	1,0	440	-	-
- сталевий дріт 4 мм	-	-	4,0	2335
Зовнішнє покриття:	2,0	-	2,0	-
- кабельна пряжа	-	104	-	136
- просочений склад	-	52	-	67
- бітум	-	104	-	136
- крейда	-	26	-	34
Максимальне значення зовнішнього діаметра та маси кабелю	29,0	2180	37,5	4880

Марки та галузі застосування кабелів:

ВКПАП – з пористо-поліетиленовою ізоляцією та алюмінієвим зовнішнім провідником в поліетиленовій оболонці (для прокладання в грунті та в каналізації).

ВКПАПт – те саме, з канатом на розривне зусилля 8,2 кН (для підвішування на опорах повітряних ліній).

ВКПАПут – те саме, з канатом на розривне зусилля 15,5 кН (для підвішування на опорах повітряних ліній із подовженими прольотами).

ВКПАПБ – те саме, з захисним покриттям із броньованих стрічок та джгута.

ВКПАПБШп – те саме, з захисним покриттям із броньованих стрічок та шланга.

ВКПАПБГ – те саме, з захисним покриттям із броньованих стрічок.

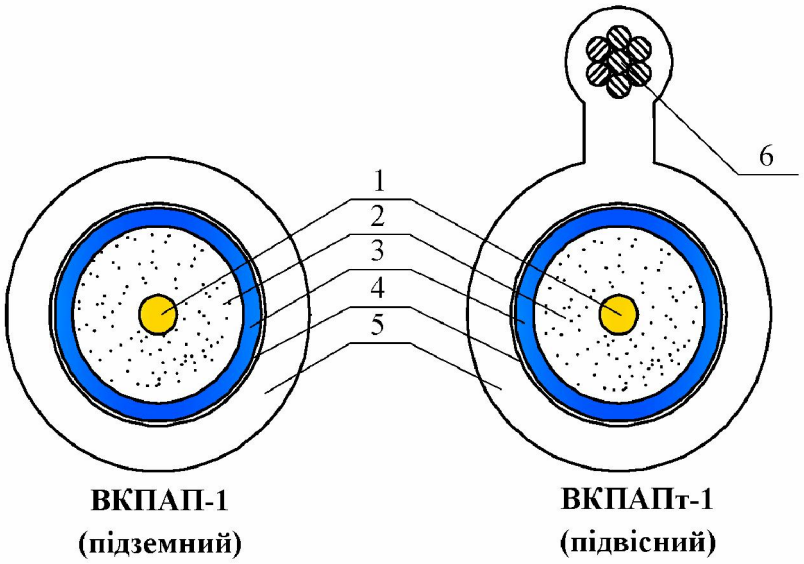
ВКПАПСтШп – те саме, зі сталевою гофрованою бронею та поліетиленовим шлангом.

ВКПАПКпШп – те саме, із захисним покриттям із круглих сталевих дротів та шланга (для річкових переходів).

Конструктивно кабель ВКПАП виконується в двох варіантах: підземний та самонесучий підвісний із вмонтованим тросом. Кабелі повинні прокладатись за температури -10 ^{0}С … +40 ^{0}С, експлуатуватись за -50 ^{0}С … +50 ^{0}С, зберігатись за -40 ^{0}С … +50 ^{0}С. Довжина прольоту підвісного кабелю складає 50 … 65 м.

Радіус вигину при прокладанні та підвішуванні не повинен перевищувати 20 діаметрів кабелю. Будівельна довжина кабелю складає не менше 600 м.

На рис. 1.13 представлено конструкції кабелів ВКПАП [4].



Елементи конструкції кабелю:
1 – мідний дріт;
2 – пористий поліетилен густиною 0,45 г/см^3;
3 – трубка алюмінієва;
4 – покриття із бітуму;
5 – оболонка поліетиленова;
6 – канат зі сталевих оцинкованих дротів 7×1 мм або 7×7×0,34 мм або 7×1,3 мм

Рисунок 1.13 – Поперечний переріз кабелю ВКПАП-1 та елементи його конструкції

В табл. 1.21 наведено розміри та маса елементів конструкції представлених кабелів.

Таблиця 1.21 – Розміри (мм) та маса (кг/км) елементів конструкції кабелів ВКПАП

Елемент конструкції	Розмір		Маса			
	товщина	діаметр	ВКПАП	ВКПАПт	ВКПАПут	ВКПАПКШп
Мідний дріт	-	2,14	32	32	32	32
Пористий поліетилен, густиною 0,45 г/см^3	3,8	9,7	32	32	32	32
Трубка алюмінієва	1,0	11,7	100	100	100	100
Покриття із бітуму	0,25	12,2	9	9	9	9
Оболонка поліетиленова:						
- на коаксіальній парі	2,5	17,2	110	110	132	110
- на тросі	1,5	6,0	-	26	29	-
- на шийці	4,0	-	-	15	19	-
Канат зі сталевих оцинкованих дротів:						
-7×1 мм або 7×7×0,34 мм	-	3,0	-	43	-	-
-7×1,3 мм	-	3,9	-	-	78	-

Закінчення табл. 1.21

Елемент конструкції	Розмір		Маса			
	товщина	діаметр	ВКПАП	ВКПАПт	ВКПАПут	ВКПАПКШп
Броня зі сталевих круглих дротів 21×2,8	-	22,8	-	-	-	1020
Зовнішня оболонка	-	28,3	-	-	-	190
Зовнішній діаметр	-	-	17,2	17,2	18,2	28,3
Максимальне значення зовнішнього діаметра та маси кабелю	-	-	283	365	418	1490

1.2.3.5 Конструкції радіочастотних кабелів

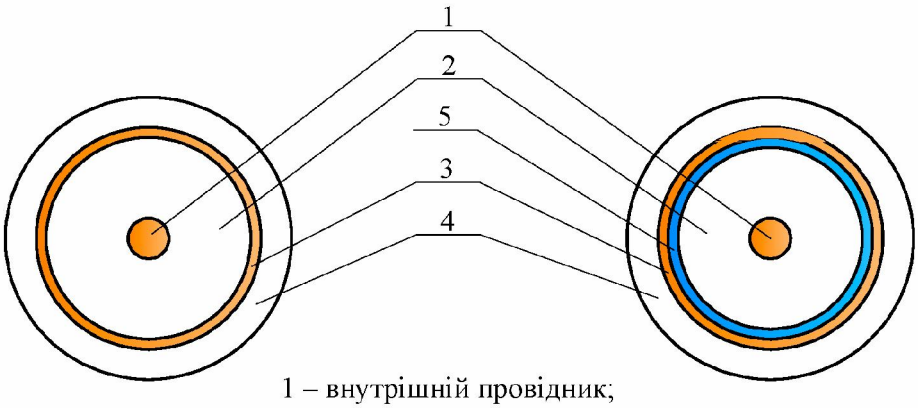
Радіочастотні кабелі використовуються для внутрішнього і зовнішнього прокладання у системах охоронної сигналізації та відеоспостереження, у системах ефірного та супутникового телебачення, для передавання радіо частотного сигналу від приймальної антени до телевізора, у системах колективного та кабельного телебачення, як з'єднувач антенно-фідерних пристроїв з передавальною апаратурою транкінгового зв'язку та комутації високочастотних пристроїв, з номінальною напругою 145 В змінного струму [9].

Розглянемо радіочастотні кабелі, наприклад, ПАТ «Одескабель». Так, виготовляються радіочастотні коаксіальні кабелі марок РК-50-2-11, RG-58 C/U, RG-58 A/U, RG-213 /U, РК-50-7-11, РК-50-7-15 з номінальним хвильовим опором 50 Ом та марок РК-75-1,0-80В(П), РК-75-1,5-80В(П), РК-75-3-32(34), РК-75-3-32М(34М), РК-75-3,7-35(34), РК-75-3,7-35М(34М), РК-75-4,3-а40В(П), РК-75-4,3-а60В(П), РК-75-4,3-а90В(П), РК-75-4,8-а60В(П), РК-75-7,2-а60В(П), РК-75-7,2-м90П з номінальним хвильовим опором 75 Ом [10].

На рис.1.14 представлено конструкції даних кабелів.

В табл. 1.22 наведено габаритні розміри, матеріали та маси елементів конструкції кабелів з номінальним хвильовим опором 50 Ом.

В табл. 1.23 наведено габаритні розміри, матеріали та маси елементів конструкції кабелів з номінальним хвильовим опором 75 Ом.



1 – внутрішній провідник;
2 – ізоляція;
3 – зовнішній провідник (обплетення із мідних дротів)
4 – зовнішня оболонка;
5 – ламінована фольга

Рисунок 1.14 – Поперечний переріз та елементи конструкції кабелів:
а) РК-50-2-11, RG-58 C/U, RG-58 A/U, RG-213 /U, РК-50-7-11, РК-50-7-15, РК-75-1,0-80В(П), РК-75-1,5-80В(П), РК-75-3-32(34), РК-75-3-32М(34М), РК-75-3,7-35(34), РК-75-3,7-35М(34М);
б) РК-75-4,3-а40В(П), РК-75-4,3-а60В(П), РК-75-4,3-а90В(П), РК-75-4,8-а60В(П), РК-75-7,2-а60В(П), РК-75-7,2-м90П

Таблиця 1.22 – Розміри та маса елементів конструкції кабелів радіочастотних коаксіальних 50 Ом

Елемент конструкції	РК-50-2-11	RG-58 C/U	RG-58 A/U	RG-213 /U	РК-50-7-11	РК-50-7-15
Діаметр мідного внутрішнього провідника, мм	0,67	19х0,18	7х0,37	7х0,75	7х0,76	7х0,76
Діаметр діелектрика (суцільний поліетилен або пористий поліетилен фізичного вспінювання), мм	2,2	2,95	2,95	7,25	7,25	7,25
Щільність заповнення оплетення I (мідь або мідь луджена), %	92	95	92	95,6	92	92
Діаметр оболонки (поліетилен або полівінілхлорид), мм	4,0	5,1	5,1	10,3	10,3	10,3
Мінімальний радіус вигину, мм	20	25	30	60	50	50
Маса кабелю, кг/км	36,7	40,0	38,0	156,73	134	150

Таблиця 1.23 – Розміри та маса елементів конструкції кабелів радіочастотних коаксіальних 75 Ом

Елемент конструкції	РК-75-1,0-80В(П)	РК-75-1,5-80В(П)	РК-75-3-32(34)	РК-75-3-32М(34М)	РК-75-3,7-35(34)	РК-75-3,7-35М(34М)	РК-75-4,3-а40В(П)	РК-75-4,3-а60В(П)	РК-75-4,3-а90В(П)	РК-75-4,8-а60В(П)	РК-75-7,2-а60В(П)	РК-75-7,2-м90П
Діаметр мідного внутрішнього провідника, мм	0,25	0,32	0,6	7х0,20	0,80	7х0,30	1,00	1,00	1,00	1,13	1,63	1,63
Діаметр діелектрика (пористий поліетилен фізичного вспінювання), мм	1,0±0,15	1,5±0,15	3,0±0,15	3,0±0,15	3,7±0,15	3,7±0,15	4,3±0,15	4,3±0,15	4,3±0,15	4,8±0,15	7,2±0,15	7,2±0,15
Матеріал ламінованої фольги	-	-	-	-	-	-	Al/Pet/Al	Al/Pet/Al	Al/Pet/Al	Al/Pet/Al	Al/Pet/Al	Al/Pet/Al
Щільність заповнення обплетення (мідь або мідь луджена), %	80	80	85	85	85	85	40	60	90	60	60	90
Діаметр оболонки (поліетилен або полівінілхлорид), мм	2,8	4,2	6,1	6,1	6,1	6,8	6,8	6,8	6,8	7,1	10,3	10,3
Мінімальний радіус вигину, мм	10	15	25	20	30	25	30	30	30	40	120	120
Маса кабелю, кг/км	10,00	11,59	27,00	27,00	45,00	45,00	32,30	37,69	50,63	60,01	85,00	98,00

1.3 Розрахунок елементів конструкції кабелів електрозв’язку

1.3.1 Розрахунок елементів конструкції симетричних кабелів з кордельно-полістирольною ізоляцією

1.3.1.1 Методика розрахунку елементів конструкції кабелю

Для обраного типу кабелю необхідно визначити діаметр ізольованої жили, діаметр групи і відстань між центрами проводів. Діаметр ізольованої жили з кордельною ізоляцією визначаєтья за виразом:

$$d_1 = d_0 + 2d_{\text{ê}} \cdot (1 - \sigma) + 2\Delta, \qquad (1.1)$$

де d_0 – діаметр мідного дроту (струмопровідної жили), мм;

$d_к$ – діаметр корделя, мм;

σ – коефіцієнт зминання корделя, σ = 0,00…0,35 (для стирофлексу σ = 0);

Δ – товщина ізолюючої стрічки (папір або стирофлекс).

Розміри d_0, $d_к$, Δ для різних типів симетричних ВЧ кабелів наведені в табл. 1.1; 1.3; 1.6.

Ефективний діаметр групи в багатожильних кабелях, в залежності від діаметра ізольованої жили d_1 за різних видів скручення складає:

- для парного скручення $d_{\text{ï}} = 1,65 \cdot d_1,$ (1.2)
- для зіркового скручення $d_{\text{ç}} = 2,2 \cdot d_1.$ (1.3)

Відстань між центрами проводів при різних видах скручення групи складає:

- для парного скручення $a = d_1,$ (1.4)
- для зіркового скручення $a = \sqrt{2} \cdot d_1.$ (1.5)

Діаметр скручених груп кабелю складає:

1) якщо кабель містить чотири групи зіркового скручення:

$$d_{\text{ã}} = 2,41 \cdot d_{\text{з}}; \qquad (1.6)$$

2) якщо кабель містить сім груп зіркового скручення:

$$d_{\text{ã}} = 3 \cdot d_{\text{ç}}. \qquad (1.7)$$

Діаметр по поясній ізоляції кабелю (діаметр осердя кабелю) складає:

$$d_{\text{ï}\,\text{з}} = d_{\text{ã}} + 2 \cdot \Delta_{\text{ï}\,\text{з}}, \qquad (1.8)$$

де $\Delta_{пі}$ – товщина поясної ізоляції осердя кабелю, мм.

Значення товщини поясної ізоляції для різних типів симетричних ВЧ кабелів наведені в табл. 1.1; 1.3; 1.6; 1.7.

Оскільки кабелі МКС, МКСА, МКСС мають різну будову зовнішніх оболонок та захисного покриття, тому формули обчислення їх розмірів різні для даних типів кабелів.

Розглянемо формули обчислення діаметрів зовнішніх елементів конструкції, захисних оболонок для кабелю типу МКС.

Діаметр кабелю по захисній оболонці (свинцевій – для МКС) визначається за виразом:

$$d_{\text{çî}} = d_{\text{ï}\,\text{з}} + 2 \cdot \Delta_{\text{çî}}, \qquad (1.9)$$

де $\Delta_{зо}$ – товщина захисної оболонки кабелю, мм.

Значення товщини захисної оболонки для кабелю МКС наведені в табл. 1.2.

Для кабелів МКСБ та МКСК формули обчислення діаметрів елементів конструкції наступні.

Діаметр кабелю по подушці визначається за виразом:

$$d_{\text{ïîä}} = d_{\text{çî}} + 2 \cdot \Delta_{\text{ïîä}}, \qquad (1.10)$$

де $\Delta_{\text{под}}$ – товщина подушки кабелю, мм.

Для кабелю МКС значення параметра $\Delta_{\text{под}}$ слід вибирати з табл. 1.2.

Діаметр кабелю по броні (зі сталевих стрічок або зі сталевих дротів) визначається за виразом:

$$d_{\text{á}} = d_{\text{ïîä}} + 2 \cdot \Delta_{\text{á}}, \qquad (1.11)$$

де $\Delta_{\text{б}}$ – товщина броні кабелю, мм.

Для кабелів МКСБ та МКСК значення параметра $\Delta_{\text{б}}$ слід вибирати з табл. 1.2.

Загальний діаметр кабелю МКСГ складає:

$$d_{\text{êàá}} = d_{\text{çî}}, \qquad (1.12)$$

де $d_{\text{зо}}$ – діаметр кабелю по захисній оболонці, визначається за виразом (1.9).

Загальний діаметр кабелів МКСБ та МКСК складає:

$$d_{\text{êàá}} = d_{\text{á}} + 2 \cdot \Delta_{\text{çï}}, \qquad (1.13)$$

де $\Delta_{\text{зп}}$ – товщина зовнішнього покриття кабелю, мм.

Для кабелів МКСБ та МКСК значення параметра $\Delta_{\text{зп}}$ слід вибирати з табл. 1.2.

Розглянемо формули обчислення розмірів зовнішніх елементів конструкції, захисних оболонок для кабелю типу МКСА.

Діаметр кабелю по захисній оболонці (алюмінієвій – для МКСА) визначається за виразом (1.9). Значення товщини захисної оболонки для кабелю МКСА наведені в табл. 1.4 та 1.5.

Діаметр кабелю по підклеювальному шару визначається за виразом:

$$d_{\text{ïø}} = d_{\text{çî}} + 2 \cdot \Delta_{\text{ïø}}, \qquad (1.14)$$

де $\Delta_{\text{пш}}$ – товщина підклеювального шару кабелю, мм.

Значення товщини підклеювального шару для кабелю МКСА наведені в табл. 1.4 та 1.5.

Діаметр кабелю по внутрішній поліетиленовій оболонці визначається за виразом:

$$d_{\text{âïî}} = d_{\text{ïø}} + 2 \cdot \Delta_{\text{âïî}}, \qquad (1.15)$$

де $\Delta_{\text{впо}}$ – товщина внутрішньої поліетиленової оболонки кабелю, мм.

Значення товщини внутрішньої поліетиленової оболонки для кабелю МКСА наведені в табл. 1.4 та 1.5.

Загальний діаметр кабелю МКСАШп складає:

$$d_{\text{êàá}} = d_{\text{ïø}} + 2 \cdot \Delta_{\text{çïî}}, \qquad (1.16)$$

де $\Delta_{зпо}$ – товщина зовнішньої поліетиленової оболонки кабелю, мм (див. табл. 1.4 та 1.5).

Діаметр кабелю МКСА по подушці визначається за виразом:

$$d_{ïîä} = d_{âïî} + 2 \cdot \Delta_{ïîä}, \qquad (1.17)$$

де $\Delta_{под}$ – товщина подушки кабелю, мм.

Діаметр кабелю МКСА по броні (зі сталих стрічок або зі сталевих дротів) визначається за виразом (1.11), при цьому значення товщини броні кабелю наведені в табл. 1.4 та 1.5.

Загальний діаметр кабелю МКСА (крім МКСАШп) визначається за виразом (1.13), при цьому значення товщини зовнішнього покриття кабелю наведені в табл. 1.4 та 1.5.

Розглянемо методику обчислення зовнішніх елементів конструкції, захисних оболонок для кабелю типу МКССШп.

Діаметр кабелю по захисній оболонці (сталевій – для МКСС) визначається за виразом (1.9). Значення товщини захисної оболонки для кабелю МКСС наведені в табл. 1.6 та 1.7.

Діаметр кабелю МКССШп по підклеювальному шару визначається за виразом (1.14). Значення товщини підклеювального шару кабелю МКССШп слід вибирати з табл. 1.6 та 1.7.

Загальний діаметр кабелю МКССШп визначається за виразом (1.16). Значення товщини зовнішньої оболонки кабелю МКССШп слід вибирати з табл. 1.6 та 1.7.

1.3.1.2 Приклад розрахунку

В якості прикладу розглянемо обчислення елементів конструкції кабелю МКССШп 4×4×1,2.

За виразом (1.1) виконаємо розрахунок діаметра жили з ізоляцією. Діаметр голої струмопровідної жили кабелю складає d_0 = 1,2 мм, кордель виконано зі стирофлексу, діаметр корделя $d_к$ = 0,8 мм, товщина двох стрічок зі стирофлексу Δ = 0,9 мм (див. табл. 1.6). Отже, діаметр ізольованої жили:

$d_1 = 1{,}2 + 2 \cdot 0{,}8 \cdot (1 - 0) + 2 \cdot 0{,}05 = 2{,}9$ ìì .

За виразом (1.3) розрахуємо діаметр зіркового скручення:

$d_ç = 2{,}2 \cdot 2{,}9 = 6{,}38$ ìì .

За виразом (1.5) розрахуємо відстань між центрами жил:

$à = \sqrt{2} \cdot 2{,}9 = 4{,}1$ ìì .

За виразом (1.6) розрахуємо діаметр чотирьох скручених груп:

$d_{\text{ã}} = 2,41 \cdot 6,38 = 15,38$ ì ì .

За виразом (1.8) розрахуємо діаметр по поясній ізоляції кабелю. При цьому товщина поясної ізоляції складається із суми товщин її складових: чотирьох стрічок паперу К-120, загальна товщина яких складає 0,5 мм; алюмінієвої фольги, товщина якої – 0,2 мм; лавсанової плівки, товщина якої – 0,02 мм (див. табл. 1.6). Таким чином, товщина поясної ізоляції кабелю МКССШп 4×4×1,2 складає: $\Delta_{\text{пі}} = 0,5 + 0,2 + 0,02 = 0,72$ мм. Отже, діаметр по поясній ізоляції кабелю складає:

$d_{\text{ï}_{\text{з}}} = 15,38 + 2 \cdot 0,72 = 16,82$ ì ì .

За виразом (1.9) визначимо діаметр по сталевій захисній оболонці кабелю. Товщина сталевої оболонки складає $\Delta_{\text{зо}} = 0,4$ мм (див. табл. 1.6). Отже, діаметр по сталевій захисній оболонці кабелю складає:

$d_{\text{çî}} = 16,82 + 2 \cdot 0,4 = 17,62$ ì ì .

За виразом (1.14) визначимо діаметр по підклеювальному шару кабелю. Товщина підклеювального шару складає $\Delta_{\text{зо}} = 0,5$ мм (див. табл. 1.6). Отже, діаметр по підклеювальному шару кабелю складає:

$d_{\text{ï ø}} = 17,62 + 2 \cdot 0,5 = 18,62$ ì ì .

За виразом (1.16) визначимо діаметр кабелю. Товщина захисного поліетиленового шланга складає $\Delta_{\text{пш}} = 2,5$ мм (див. табл. 1.6). Отже, діаметр кабелю складає:

$d_{\text{êàá}} = 18,62 + 2 \cdot 2,5 = 23,62$ ì ì .

1.3.2 Розрахунок елементів конструкції симетричних кабелів з суцільною поліетиленовою ізоляцією

1.3.2.1 Методика розрахунку елементів конструкції кабелю

Діаметр ізольованої жили із суцільною поліетиленовою ізоляцією визначається за виразом:

$$d_1 = d_0 + 2\Delta_{\text{з}_{\text{ç}}}, \qquad (1.18)$$

де $\Delta_{\text{із}}$ – товщина поліетиленової ізоляції, мм.

Значення параметра $\Delta_{\text{із}}$ кабелів із суцільною поліетиленовою ізоляцією наведено в табл. 1.8 та 1.9.

Діаметр групи зіркового скручення визначається за виразом (1.3). Відстань між центрами проводів визначається за виразом (1.5).

Для кабелю типу МКПВ 1×4×1,2 розрахунок елементів конструкції слід проводити за наступними виразами:

1) діаметр по поліетиленовій стрічці:

$$d_{\text{ïñ}} = d_{\text{ç}} + 2\Delta_{\text{ïñ}}, \quad (1.19)$$

де $\Delta_{\text{пс}}$ – товщина поліетиленової стрічки, мм (див. табл. 1.8);

2) діаметр по внутрішній поліетиленовій оболонці:

$$d_{\text{âïî}} = d_{\text{ïñ}} + 2\Delta_{\text{âïî}}, \quad (1.20)$$

де $\Delta_{\text{впо}}$ – товщина внутрішньої поліетиленової оболонки, мм (див. табл. 1.8);

3) діаметр по екрану:

$$d_{\text{å}} = d_{\text{âïî}} + 2\Delta_{\text{å}}, \quad (1.21)$$

де $\Delta_{\text{е}}$ – товщина екрана, мм (див. табл. 1.8);

4) діаметр кабелю:

$$d_{\text{êàá}} = d_{\text{å}} + 2\Delta_{\text{çï}}, \quad (1.22)$$

де $\Delta_{\text{зп}}$ – товщина зовнішньої оболонки, мм (див. табл. 1.8).

Для кабелів ЗКП 1×4×1,2, ЗКВ 1×4×1,2, ЗКПБ 1×4×1,2, ЗКВБ 1×4×1,2, ЗКПАШп 1×4×1,2 значення діаметра осердя ($d_{\text{ос}}$) в даній роботі не розраховується, вибирається із табл. 1.9.

Для кабелів ЗКП 1×4×1,2, ЗКВ 1×4×1,2, ЗКПБ 1×4×1,2, ЗКВБ 1×4×1,2 розрахунок елементів конструкції слід проводити за наступними виразами:

1) діаметр по екрану:

$$d_{\text{å}} = d_{\text{îñ}} + 2\Delta_{\text{å}}, \quad (1.23)$$

де $\Delta_{\text{е}}$ – товщина екрана, мм (див. табл. 1.10);

2) діаметр по підклеювальному шару:

$$d_{\text{ïø}} = d_{\text{å}} + 2\Delta_{\text{ïø}}, \quad (1.24)$$

де $\Delta_{\text{пш}}$ – товщина підклеювального шару (бітумного складу), мм (див. табл. 1.10);

3) діаметр по оболонці із поліетилену або полівінілхлориду:

$$d_{\text{îá}} = d_{\text{ïø}} + 2\Delta_{\text{îá}}, \quad (1.25)$$

де $\Delta_{\text{об}}$ – товщина оболонки, мм (див. табл. 1.10);

4) діаметр по подушці (для кабелів ЗКПБ 1×4×1,2, ЗКВБ 1×4×1,2):

$$d_{\text{ïîä}} = d_{\text{îá}} + 2\Delta_{\text{ïîä}}, \quad (1.26)$$

де $\Delta_{\text{под}}$ – товщина подушки, мм (див. табл. 1.10);

5) діаметр по броні (для кабелів ЗКПБ 1×4×1,2, ЗКВБ 1×4×1,2) розраховується за виразом (1.11), при цьому значення товщини броні слід вибирати з табл. 1.10;

6) загальний діаметр кабелю (для кабелів ЗКПБ 1×4×1,2, ЗКВБ 1×4×1,2) розраховується за виразом (1.13), при цьому значення товщини зовнішнього покриття слід вибирати з табл. 1.10.

Для кабелю ЗКПАШп 1×4×1,2 розрахунок елементів конструкції слід проводити за наступними виразами:

1) діаметр по алюмінієвій оболонці:

$$d_{îá} = d_{îñ} + 2\Delta_{îá}, \qquad (1.27)$$

де $\Delta_{об}$ – товщина алюмінієвої оболонки, мм (див. табл. 1.11);

2) діаметр по підклеювальному шару визначається за виразом (1.24), при цьому значення товщини підклеювального шару (бітумного складу) слід вибирати з табл. 1.11.

3) діаметр кабелю:

$$d_{êàá} = d_{ïø} + 2\Delta_{çï}, \qquad (1.28)$$

де $\Delta_{зп}$ – товщина зовнішнього покриття (поліетиленового шлангу), мм (див. табл. 1.11).

1.3.2.2 Приклад розрахунку

Як приклад розглянемо обчислення елементів конструкції кабелю ЗКПБ 1×4×1,2. За виразом (1.18) обчислимо значення діаметра ізольованої жили. При цьому, згідно з табл. 1.9, діаметр жили без ізоляції d_0 = 1,2 мм, товщина ізоляції із поліетилену $\Delta_{із}$ = 1,1 мм.

$$d_1 = 1,2 + 2 \cdot 1,1 = 3,4 \text{ ì ì}.$$

Діаметр осердя кабелю складає $d_{ос}$ = 11,4 мм (див. табл. 1.9). За виразом (1.23) визначимо діаметр кабелю по екрану. При цьому алюмінієвий екран має товщину 0,3 мм (див. табл. 1.10).

$$d_{å} = 11,4 + 2 \cdot 0,3 = 12 \text{ ì ì}.$$

За виразом (1.24) визначимо діаметр по підклеювальному шару. При цьому, підклеювальний шар (бітумний склад) має товщину 0,25 мм (див. табл. 1.10).

$$d_{ïø} = 12 + 2 \cdot 0,25 = 12,5 \text{ ì ì}.$$

За виразом (1.25) визначимо діаметр по оболонці із поліетилену. При цьому, поліетиленова оболонка має товщину 2,2 мм (див. табл. 1.10).

$$d_{îá} = 12,5 + 2 \cdot 2,2 = 16,9 \text{ ì ì}.$$

За виразом (1.26) визначимо діаметр по подушці. При цьому, подушка має товщину 1 мм (див. табл. 1.10).

$$d_{\text{ï î ä}} = 16{,}9 + 2 \cdot 1 = 18{,}9 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.11) визначимо діаметр по броні. При цьому, броня із двох сталевих стрічок має товщину 0,6 мм (див. табл. 1.10).

$$d_{\text{á}} = 18{,}9 + 2 \cdot 0{,}6 = 20{,}1 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.13) визначимо діаметр кабеля. При цьому, товщина зовнішнього покриття складає 2 мм (див. табл. 1.10).

$$d_{\text{êàá}} = 20{,}1 + 2 \cdot 2 = 24{,}1 \text{ ì ì} .$$

1.3.3 Розрахунок елементів конструкції коаксіальних кабелів електрозв'язку

1.3.3.1 Методика розрахунку елементів конструкції кабелю

Діаметр ізольованої екранованої коаксіальної пари розраховується за виразом:

$$d_{1\text{ê}} = d_0 + 2 \cdot \left(\Delta_{\text{åêð}} + \Delta_{\text{ç}} \right), \qquad (1.29)$$

де d_0 – діаметр зовнішнього проводу коаксіальної пари, мм;

$\Delta_{\text{екр}}$ – товщина екрана коаксіальної пари, мм;

$\Delta_{\text{із}}$ – товщина ізоляції коаксіальної пари, мм.

Діаметр ізольованої жили симетричної пари визначається за виразом (1.18). Як параметр $\Delta_{\text{із}}$ необхідно використовувати товщину ізоляції проводу симетричної пари коаксіального кабелю.

Діаметр симетричних четвірок в складі коаксіального кабелю визначається за виразом (1.3).

Діаметр осердя коаксіального кабелю типу КМГ-4, КМК-4 та КМБ-4 розраховується за виразом:

$$d_{\text{î ñ}} = d_{1\text{ê}} \cdot 2{,}2 + 2 \cdot \Delta_{\text{ï}} , \qquad (1.30)$$

де $\Delta_{\text{пі}}$ – товщина обмотки 4-6-ма стрічками кабельного паперу, мм (вибирати з табл. 1.14).

Діаметр кабелю типу КМГ-4, КМК-4 та КМБ-4 по свинцевій оболонці визначається за виразом (1.9). При цьому значення товщини свинцевої оболонки вибирати з табл. 1.15.

Діаметр кабелю типу КМК-4 та КМБ-4 по подушці визначається за виразом (1.10).

Діаметр кабелю типу КМК-4 та КМБ-4 по броні (із сталих стрічок або із сталевих дротів) визначається за виразом (1.11). При цьому значення товщини броні вибирати з табл. 1.15.

Загальний діаметр кабелю типу КМК-4 та КМБ-4 визначається за виразом (1.13). При цьому значення товщини зовнішнього захисного покриття вибирати з табл. 1.15.

Для кабелів типу КМ-8/6 методика розрахунку елементів конструкції наступна:

1) діаметр ізольованої жили симетричної четвірки (центр кабелю) обчислюється за виразом (1.1), при цьому діаметр жили, діаметр корделя, товщину ізоляції слід вибирати з табл. 1.17;

2) діаметр симетричної четвірки визначається за формулою:

$$d_{\text{ç}} = 2{,}2 \cdot d_1 + 2 \cdot \Delta_{\text{ï}}\,, \tag{1.31}$$

де $\Delta_{\text{п}}$ – товщина металізованого паперу для обмотування симетричної четвірки (вибирати з табл. 1.17);

3) діаметр ізольованої, екранованої коаксіальної пари 1,2/4,6 ($d_{\text{к }1,2/4,6}$) визначається за виразом (1.29), при цьому значення діаметра зовнішнього проводу коаксіальної пари, товщину екрану, товщину ізоляції вибирати з табл. 1.17;

4) діаметр ізольованої, екранованої коаксіальної пари 2,58/9,4 ($d_{\text{к }2,58/9,4}$) визначається за виразом (1.29), при цьому значення діаметра зовнішнього проводу коаксіальної пари, товщину екрана, товщину ізоляції вибирати з табл. 1.17;

5) діаметр осердя кабелю по першому повиву визначається за виразом:

$$d_{\text{îñ}^2} = d_{\text{ç}} + 2 \cdot d_{\text{êç}\,1,2/4,6}, \tag{1.32}$$

6) діаметр осердя кабелю по другому повиву визначається за виразом:

$$d_{\text{îñ}^{22}} = d_{\text{îñ}^2} + 2 \cdot d_{\text{êç}\,2,58/9,4}, \tag{1.33}$$

7) загальний діаметр осердя кабелю визначається за виразом:

$$d_{\text{îñ}} = d_{\text{îñ}^{22}} + 2 \cdot \Delta_{\text{ï}}\,, \tag{1.34}$$

де $\Delta_{\text{п}}$ – товщина кабельного паперу для обмотування осердя кабелю (вибирати з табл. 1.17);

8) діаметр кабелю по свинцевій оболонці визначається за виразом (1.9). При цьому значення товщини свинцевої оболонки вибирати з табл. 1.18;

9) діаметр кабелю по подушці (для кабелів КМБ-8/6, КМК-8/6) визначається за виразом (1.10). При цьому значення товщини подушки вибирати з табл. 1.18;

10) діаметр кабелю по броні (для кабелів КМБ-8/6, КМК-8/6) визначається за виразом (1.11). При цьому значення товщини броні вибирати з табл. 1.18;

11) загальний діаметр кабелю типу КМБ-8/6, КМК-8/6 визначається за виразом (1.13). При цьому значення товщини зовнішнього захисного покриття вибирати з табл. 1.18.

Для кабелів типу МКТ-4 методика розрахунку елементів конструкції наступна:

1) діаметр ізольованої, екранованої коаксіальної пари 1,2/4,6 ($d_{к\ 1,2/4,6}$) визначається за виразом (1.29), при цьому значення діаметра зовнішнього проводу коаксіальної пари, товщину екрану, товщину ізоляції вибирати з табл. 1.19;

2) діаметр кабелю по поясній ізоляції розраховується за виразом:

$$d_{ï^{з}} = 2,2 \cdot d_{ê\ 1,2/4,6} + 2 \cdot \Delta_{ï^{з}}, \qquad (1.35)$$

де $\Delta_{пі}$ – товщина поясної ізоляції (вибирати з табл. 1.20);

3) діаметр кабелю по свинцевій оболонці визначається за виразом (1.9). При цьому значення товщини свинцевої оболонки вибирати з табл. 1.20;

4) діаметр кабелю по подушці визначається за виразом (1.10). При цьому значення товщини подушки вибирати з табл. 1.20;

5) діаметр кабелю по броні визначається за виразом (1.11). При цьому значення товщини броні вибирати з табл. 1.20;

6) загальний діаметр кабелю визначається за виразом (1.13). При цьому значення товщини зовнішнього захисного покриття вибирати з табл. 1.20.

Діаметр ізольованої коаксіальної пари кабелю ВКПАП розраховується за виразом:

$$d_{1ê} = d_0 + 2 \cdot \Delta_{ï\ ø}, \qquad (1.36)$$

де d_0 – діаметр зовнішнього проводу коаксіальної пари (алюмінієвої трубки), мм (див. табл. 1.21);

$\Delta_{пш}$ – товщина підклеювального шару (покриття із бітуму), мм (див. табл. 1.21).

Діаметр кабелю ВКПАП розраховується за виразом:

$$d_{êàá} = d_{1ê} + 2 \cdot \Delta_{ç}, \qquad (1.37)$$

де $\Delta_з$ – товщина зовнішнього захисного покриття, мм (див. табл. 1.21).

1.3.3.2 Приклад розрахунку

Як приклад розглянемо розрахунок елементів конструкції кабелю КМК-8/6. За виразом (1.1) обчислимо діаметр ізольованої жили симетричної четвірки кабелю. При цьому, згідно з табл. 1.17, діаметр голої жили складає d_0 = 0,9 мм, діаметр корделя $d_к$ = 0,7 мм, товщина поліетиленової ізоляції Δ = 0,1 мм:

$$d_1 = 0,9 + 2 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,1 = 2,5 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.31) обчислимо діаметр симетричної четвірки. При цьому, товщина металізованого паперу складає $\Delta_п$ = 0,2 мм (див. табл. 1.17):

$$d_ç = 2,2 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,2 = 5,9 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.29) розрахуємо діаметр ізольованої, екранованої коаксіальної пари 1,2/4,6 ($d_{к\ 1,2/4,6}$). При цьому, згідно з табл. 1.17, діаметр зовнішнього проводу коаксіальної пари складає d_0 = 5,1 мм, товщина екрана $\Delta_{екр}$ = 0,2 мм, товщина ізоляції коаксіальної пари $\Delta_{із}$ = 0,4 мм:

$$d_{ê\,1,2/4,6} = 5,1 + 2 \cdot (0,2 + 0,4) = 6,3 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.29) розрахуємо діаметр ізольованої, екранованої коаксіальної пари 2,58/9,4 ($d_{к\ 2,58/9,4}$). При цьому, згідно з табл. 1.17, діаметр зовнішнього проводу коаксіальної пари складає d_0 = 9,92 мм, товщина екрана $\Delta_{екр}$ = 0,30 мм, товщина ізоляції коаксіальної пари $\Delta_{із}$ = 0,30 мм:

$$d_{ê\,2,58/9,4} = 9,92 + 2 \cdot (0,3 + 0,3) = 11,12 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.32) визначимо діаметр осердя кабелю по першому повиву:

$$d_{î\,ñ^2} = 5,9 + 2 \cdot 6,3 = 18,5 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.33) визначимо діаметр осердя кабелю по другому повиву:

$$d_{î\,ñ^{22}} = 18,5 + 2 \cdot 11,12 = 40,74 \text{ ì ì} .$$

За виразом (1.9) визначимо діаметр кабелю по свинцевій оболонці, при цьому, згідно з табл. 1.18, товщина свинцевої оболонки складає $\Delta_{зо} = 2{,}5$ мм:

$$d_{çî} = 40{,}74 + 2 \cdot 2{,}5 = 45{,}74 \text{ ì ì}.$$

За виразом (1.10) визначимо діаметр кабелю по подушці, товщина подушки складає $\Delta_{под} = 2$ мм (див. табл. 1.18):

$$d_{ï î ä} = 45{,}74 + 2 \cdot 2 = 49{,}74 \text{ ì ì}.$$

За виразом (1.11) визначимо діаметр кабелю по броні, товщина броні складає $\Delta_{б} = 4$ мм (див. табл. 1.18):

$$d_{á} = 49{,}74 + 2 \cdot 4 = 57{,}74 \text{ ì ì}.$$

Загальний діаметр кабелю обчислимо за виразом (1.13), товщина зовнішнього захисного покриття складає $\Delta_{зп} = 2$ мм (див. табл. 1.18):

$$d_{êàá} = 57{,}74 + 2 \cdot 2 = 61{,}74 \text{ ì ì}.$$

РОЗДІЛ ІІ
ПЕРВИННІ ПАРАМЕТРИ ПЕРЕДАЧІ КАБЕЛЮ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ

2.1 Загальні положення

В комплексній роботі необхідно визначити первинні параметри передачі кіл кабелю електрозв'язку: активний опір R (Ом/км), індуктивність L (Гн/км), ємність C (Ф/км), провідність ізоляції G (См/км).

Розрахунок необхідно виконати для заданого типу кабелю для чотирьох заданих частот сигналу. На основі розрахованих значень первинних параметрів передачі потрібно скласти таблицю, побудувати графіки залежності отриманих значень R, L, C та G від частоти та зробити висновки за отриманими результатами.

2.2 Первинні параметри передачі симетричного кабелю електрозв'язку

2.2.1 Методика розрахунку первинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв'язку

Опір двопровідного кола за постійного струму складає [1, 2, 3]:

$$R_0 = \chi\rho\frac{8000}{\pi d_0^2}, \qquad (2.1)$$

де R_0 – опір за постійного струму двопровідного кола кабелю, Ом/км;

χ – коефіцієнт скручення жил для міжміських кабелів, χ = 1,001 – 1,01;

ρ – питомий опір матеріалу провідника, Ом·мм^2/м;

d_0 – діаметр струмопровідної жили без ізоляції, мм.

Значення питомого опору, питомої провідності та температурного коефіцієнта металів наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Питомий опір, питома провідність та температурний коефіцієнт провідникових матеріалів

Назва матеріалу	Питомий опір, Ом·мм^2/м	Питома провідність, См/мм	Температурний коефіцієнт, 1 °С
Мідь	0,01754	57	0,00445
Алюміній	0,0295	34,36	0,0037
Сталь	0,139	7,23	0,006

Кабельні кола з алюмінієвими жилами діаметром 1,15; 1,55 і 1,8 мм еквівалентні колам з мідними жилами діаметром відповідно 0,9; 1,2 і 1,4 мм. Активний опір кабельного кола по змінному струму визначається за формулою [1, 2, 3]:

$$R = R_0\left[1 + F(kr) + \frac{p \cdot G(kr) \cdot \left(\frac{d_0}{a}\right)^2}{1 - H(kr) \cdot \left(\frac{d_0}{a}\right)^2}\right] + R_м, \qquad (2.2)$$

де R – активний опір кабельного кола, Ом/км;

R_0 – опір кола за постійного струму, Ом/км;

$F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$ – спеціальні табульовані функції, методика визначення яких представлена нижче;

$kr = \sqrt{\omega\mu\sigma}$ – коефіцієнт втрат для метала (ω – циклічна частота, μ – магнітна проникність середовища поширення електричного сигналу, σ – провідність середовища поширення електричного сигналу);

p – коефіцієнт, що враховує тип скручення, для парного скручення $p = 1$, для зіркової четвірки $p = 5$;

d_0 – діаметр струмопровідної жили без ізоляції, мм;

a – відстань між осями провідників кола, мм;

$R_м$ – додатковий опір, зумовлений втратами енергії на вихрові струми в жилах сусідніх груп та в металевій оболонці кабелю.

У формулі для розрахунку активного опору R перший член у квадратних дужках, помножений на параметр R_0, враховує опір кола за постійного струму, другий член, помножений на параметр R_0 – збільшення опору кола за рахунок поверхневого ефекту, третій член, помножений на параметр R_0 – збільшення опору за рахунок ефекту близькості.

Функції $F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$ визначаються за табл. 2.2 в залежності від величини аргументу kr (методом інтерполяції) [1, 2, 3].

Величина *kr* для мідних струмопровідних жил визначається за формулою [1]:

$$kr = 0{,}0105 \cdot d_0 \cdot \sqrt{f}, \tag{2.3}$$

для алюмінієвих струмопровідних жил

$$kr = 0{,}0082 \cdot d_0 \cdot \sqrt{f}, \tag{2.4}$$

де d_0 – діаметр струмопровідної жили без ізоляції, мм;

f – частота, Гц.

Таблиця 2.2 – Функції $F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$, $Q(kr)$ для різних значень *kr*

kr	$F(kr)$	$G(kr)$	$H(kr)$	$Q(kr)$
0	0	$kr^4/64$	0,0417	1
0,5	0,000326	0,000975	0,042	0,9998
1,0	0,00519	0,01519	0,053	0,997
1,5	0,0258	0,0691	0,092	0,937
2,0	0,0782	0,1724	0,169	0,961
2,5	0,1756	0,295	0,263	0,913
3,0	0,318	0,405	0,348	0,845
3,5	0,492	0,499	0,416	0,766
4,0	0,678	0,594	0,466	0,686
4,5	0,862	0,669	0,503	0,616
5,0	1,042	0,755	0,530	0,556
7,0	1,743	1,109	0,596	0,400
10,0	2,799	1,641	0,643	0,286
>10,0	$\frac{\sqrt{2} \cdot kr - 3}{4}$	$\frac{\sqrt{2} \cdot kr - 1}{8}$	0,750	$\frac{2 \cdot \sqrt{2}}{kr}$

Додатковий опір, обумовлений втратами на вихрові струми у сусідніх струмопровідних жилах і свинцевій оболонці, визначається за формулою [1, 2, 3]:

$$R_{\text{і}} = R_{\text{і}}^{/} \sqrt{\frac{f}{200000}}, \tag{2.5}$$

де $R_{\text{м}}$ – додатковий опір, обумовлений втратами на вихрові струми, Ом/км;

$R_{\text{і}}^{/}$ – сумарний опір втрат у суміжних четвірках ($R_{\text{мсч}}$) та оболонці ($R_{\text{мсо}}$), Ом/км, при частоті f = 200000 Гц значення $R_{\text{мсч}}$ та $R_{\text{мсо}}$ визначається за табл. 2.3.

Опір $R_{\text{м}}$ слід враховувати, починаючи з частоти 30 кГц та вище [1, 2, 3].

Опори втрат в алюмінієвій оболонці $R_{\text{мао}}$ (Ом/км), в сталевій оболонці $R_{\text{мсто}}$ (Ом/км) визначаються за формулами [5]:

$$R_{\text{мао}} = R_{\text{мсо}} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{св}}}{\sigma_{\text{ал}}}} = 0,36 \cdot R_{\text{мсо}}; \qquad (2.6)$$

$$R_{\text{і ñòî}} = R_{\text{і ñî}} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ñâ}}}{\sigma_{\text{ñò}}}} = 0,784 \cdot R_{\text{і ñî}},$$

де $R_{\text{мсо}}$ – додатковий опір, обумовлений втратами на вихрові струми у свинцевій оболонці (визначається за формулою (2.5)), Ом/км;

$\sigma_{\text{св}}$, $\sigma_{\text{ст}}$ та $\sigma_{\text{ал}}$ – провідності відповідно свинцю, сталі та алюмінію, См·м.

Індуктивність двопровідного кабельного кола визначається за формулою [1, 2, 3]:

$$L = \chi \cdot \left[4 \cdot \ln \frac{2a - d_0}{d_0} + \mu Q(kr) \right] \cdot 10^{-4}, \qquad (2.7)$$

де L – індуктивність двопровідного кабельного кола, Гн/км;

μ – еквівалентна магнітна проникність матеріалу жили, $\mu = 1$;

$Q(kr)$ – функція, що визначається за табл. 2.2.

Таблиця 2.3 – Величина додаткового опору $R_{\text{і}}^{/}$, Ом/км за рахунок втрат у струмопровідних жилах суміжних четвірок та у свинцевій оболонці

Кількість четвірок у кабелі	Основне коло			
	1 повив	2 повив	3 повив	4 повив
Опір втрат у суміжних четвірках, $R_{\text{мсч}}$				
1	0	-	-	-
1 + 6	8	7,5	-	-
1 + 6 + 12	8	7,5	7,5	-
1 + 6 + 12 + 18	8	7,5	7,5	7,5
Опір втрат у свинцевій оболонці, $R_{\text{мсо}}$				
1	22	-	-	-
1 + 6	1,5	5,5	-	-
1 + 6 + 12	0	0	1,0	-
1 + 6 + 12 + 18	0	0	0	1,0

Ємність кабелю розраховується за формулою [1, 2, 3]:

$$\tilde{N} = \frac{\chi \cdot \varepsilon_{\text{å}} \cdot 10^{-6}}{36 \cdot \ln\left(\frac{2a}{d_0} \cdot \psi \right)}, \qquad (2.8)$$

де C – ємність кабелю, Ф/км;

ε_e – еквівалентна діелектрична проникність комбінованої ізоляції;

ψ – поправочний коефіцієнт, що характеризує близькість проводів до заземленої оболонки та інших проводів.

Значення ψ в залежності від відношення діаметрів ізольованої та неізольованої жили для різних видів скручення наведено в табл. 2.4 [1, 2]. Значення еквівалентної діелектричної проникності для різних видів ізоляції наведено в табл. 2.5 [1, 2].

Таблиця 2.4 – Значення ψ для різних видів скручення

d_1/d_0	$\psi_п$	$\psi_з$
1,6	0,608	0,588
1,8	0,627	0,611
2,0	0,644	0,619
2,2	0,655	0,630
2,4	0,665	0,647

Згідно з [1, 2] для обчислення значення поправочного коефіцієнта ψ можна скористатись виразами:

- для парного скручення $$\psi_п = \frac{\left(d_п + d_1 - d_0\right)^2 - a^2}{\left(d_п + d_1 - d_0\right)^2 + a^2}; \quad (2.9)$$

- для зіркового скручення $$\psi_ç = \frac{\left(d_ç + d_1 - d_0\right)^2 - a^2}{\left(d_ç + d_1 - d_0\right)^2 + a^2}, \quad (2.10)$$

де d_1 – діаметр ізольованої жили, мм;

$d_п$ – діаметр парного скручення, мм;

$d_з$ – діаметр зіркового скручення, мм.

Таблиця 2.5 – Значення еквівалентної діелектричної проникності для різних видів ізоляції струмопровідних жил.

Вид ізоляції струмопровідної жили	ε_e
Кордельно-паперова	1,4 – 1,6
Кордельно-паперова	1,3 – 1,4
Кордельно-стирофлексна	1,2 – 1,3
Суцільна поліетиленова	1,9 – 2,1
Пористо-поліетиленова	1,4 – 1,5
Трубчато-поліетиленова	1,2 – 1,3

Провідність ізоляції струмопровідних жил зумовлена діелектричними втратами та визначається для кабелів зв’язку за формулою [1, 2, 3]:

$$G = \frac{1}{R_{\text{із}}} + \omega \cdot C \cdot \text{tg}\delta_{\text{e}}, \qquad (2.11)$$

де G – провідність ізоляції струмопровідної жили, См/км;

$R_{\text{із}}$ – опір матеріалу ізоляції струмопровідної жили за постійного струму, Ом/км (для кабелів міської телефонної мережі $R_{\text{із}}$ = 2000 МОм/км, для кабелів міжміського зв'язку $R_{\text{із}}$ = 10 000 МОм/км);

$\omega = 2\pi f$ – циклічна частота, 1/с;

C – ємність кабелю (визначається за виразом 2.8);

$\text{tg}\delta_{\text{e}}$ – еквівалентний тангенс кута діелектричних втрат в ізоляції.

Перший доданок у виразі (2.11) характеризує провідність ізоляції струмопровідної жили за постійного струму, другий – характеризує провідність ізоляції струмопровідної жили за змінного струму.

При розрахунку провідності ізоляції кабельних ліній враховують, що по абсолютній величині втрати в діелектрику за змінного струму суттєво переважають над втратами в діелектрику за постійного струму, тому, зазвичай, першим доданком в (2.11) нехтують.

Значення $\text{tg}\delta_{\text{e}}$ для симетричних кабелів з різними видами ізоляції струмопровідних жил наведені в табл. 2.6 [1, 2].

Таблиця 2.6 – Значення еквівалентного тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції струмопровідної жили

Тип ізоляції струмопровідної жили	Значення $\text{tg}\delta_{\text{e}} \cdot 10^{-4}$ при частоті, кГц			
	10	100	250	550
Кордельно-паперова	55	113	160	280
Кордельно-стирофлексна	3	7	12	20
Суцільна поліетиленова	2	6	8	14
Пористо-поліетиленова	3	8	12	20
Трубчато-поліетиленова	2	6	8	12

Для симетричних кабелів типу МКС та ЗКП значення параметра $\text{tg}\delta_{\text{e}}$ визначається графічним шляхом за графіками залежності даного параметра від частоти сигналу, що наведені в Додатку 1.

2.2.2 Приклад розрахунку первинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв'язку

Як приклад розглянемо розрахунок первинних параметрів передачі симетричного кабелю МКССШп 7×4×1,2. Робочі частоти сигналу складають:

f_1 = 0,6 кГц; f_2 = 1100 кГц; f_3 = 1550 кГц; f_4 = 1900 кГц. Діаметр голої струмопровідної жили кабелю складає d_0 = 1,2 мм. Діаметр жили з ізоляцією складає d_1 = 2,9 мм, відстань між проводами складає a = 4,1 мм (див. результати розрахунку елементів конструкції кабелю в п. 1.3.1.2).

За виразом (2.3) визначимо аргумент *kr* для заданих частот, діаметр голої жили заданого кабелю складає d_0 = 1,2 мм (див. табл. 1.7):

$$kr_1 = 0,0105 \cdot 1,2\sqrt{600} = 0,309;$$
$$kr_2 = 0,0105 \cdot 1,2\sqrt{1100 \cdot 10^3} = 13,21;$$
$$kr_3 = 0,0105 \cdot 1,2\sqrt{1550 \cdot 10^3} = 15,69;$$
$$kr_4 = 0,0105 \cdot 1,2\sqrt{1900 \cdot 10^3} = 17,37.$$

Скористаємось табл. 2.2 для визначення табульованих функцій $F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$, $Q(kr)$. Як видно з наведених вище розрахунків, перше значення аргументу kr_1 не перевищує 10, тому для даного випадку необхідно застосувати метод інтерполяції для визначення вищевказаних функцій. Для другої, третьої та четвертої заданих частот сигналу дані табульовані функції визначимо використавши формули, наведені в табл. 2.2. Таким чином, для першої заданої частоти функції $F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$, $Q(kr)$ складають:

$$F(kr_1) = F(0) + \frac{F(0,5) - F(0)}{0,5 - 0} \cdot (kr_1 - 0) = 0 + \frac{0,000326 - 0}{0,5 - 0} \cdot (0,309 - 0) = 0,000201;$$

$$G(kr_1) = G(0) + \frac{G(0,5) - G(0)}{0,5 - 0} \cdot (kr_1 - 0) = \frac{0,309^4}{64} + \frac{0,000975 - \frac{0,309^4}{64}}{0,5 - 0} \cdot \left(0,309 - \frac{0,309^4}{64}\right) =$$
$$= 0,00065;$$

$$H(kr_1) = H(0) + \frac{H(0,5) - H(0)}{0,5 - 0} \cdot (kr_1 - 0) = 0,0417 + \frac{0,042 - 0,0417}{0,5 - 0} \cdot (0,309 - 0) = 0,0419;$$

$$Q(kr_1) = Q(0) - \frac{Q(0) - Q(0,5)}{0,5 - 0} \cdot (kr_1 - 0) = 1 - \frac{1 - 0,9998}{0,5 - 0} \cdot (0,309 - 0) = 0,9998.$$

Для другої частоти:

$$F(kr_2) = \frac{\sqrt{2} \cdot kr_2 - 3}{4} = \frac{\sqrt{2} \cdot 13,21 - 3}{4} = 3,92;$$
$$G(kr_2) = \frac{\sqrt{2} \cdot kr_2 - 1}{8} = \frac{\sqrt{2} \cdot 13,21 - 1}{8} = 2,21;$$
$$H(kr_2) = 0,750;$$

$$Q(kr_2) = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{kr_2} = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{13,21} = 0,214.$$

Аналогічним чином виконано обчислення функцій $F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$, $Q(kr)$ для третьої та четвертої частот. Результати обчислень цих функцій для усіх заданих частот представлено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку функцій $F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$, $Q(kr)$

f, кГц	0,6	1100	1550	1900
Аргумент kr	0,309	13,21	15,69	17,37
$F(kr)$	0,000201	3,92	4,796	5,39
$G(kr)$	0,00065	2,21	2,648	2,945
$H(kr)$	0,0419	0,75	0,75	0,75
$Q(kr)$	0,9998	0,214	0,18	0,163

За виразом (2.1) розрахуємо опір кола за постійного струму:

$$R_0 = 1,03 \cdot 0,01754 \cdot \frac{8000}{3,14 \cdot 1,2^2} = 31,948 \text{ Ом/км}.$$

Оскільки значення першої заданої частоти не перевищує 30 кГц, то додатковий опір, обумовлений втратами на вихрові струми у сусідніх проводах і сталевій оболонці, для даної частоти розраховувати не потрібно.

За виразом (2.2) визначимо активний опір кола при першій заданій частоті:

$$R = 31,948 \left(1 + 0,000201 + \frac{5 \cdot 0,00065 \cdot \left(\frac{1,2}{4,1} \right)^2}{1 - 0,0419 \cdot \left(\frac{1,2}{4,1} \right)^2} \right) = 31,95 \text{ Ом/км}.$$

За виразом (2.7) визначимо індуктивність кола для першої частоти:

$$L = 1,03 \left(4 \ln \left(\frac{2 \cdot 4,1 - 1,2}{1,2} \right) + 1 \cdot 0,998 \right) \cdot 10^{-4} = 829,742 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/км}.$$

За виразом (2.10) розрахуємо значення поправочного коефіцієнта ψ (діаметр зіркового скручення для заданого кабелю складає $d_з$ = 6,989 мм):

$$\psi = \frac{(6,989 + 2,9 - 1,2)^2 - 4,1^2}{(6,989 + 2,9 - 1,2)^2 + 4,1^2} = 0,639.$$

За табл. 2.5 визначимо значення еквівалентної діелектричної проникності $\varepsilon_e = 1{,}25$.

За виразом (2.8) визначимо ємність заданого кабелю:

$$\tilde{N} = \frac{1{,}03 \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-6}}{36 \ln\left(\frac{2 \cdot 4{,}1}{1{,}2} \cdot 0{,}639\right)} = 24{,}26 \cdot 10^{-9}\,\hat{O}/\hat{e}\grave{i}\ .$$

За графіком Додатку 1 визначимо еквівалентний тангенс кута діелектричних втрат в ізоляції для заданого кабелю: $\mathrm{tg}\delta_e = 3 \cdot 10^{-4}$.

За виразом (2.11) визначимо провідність ізоляції для першої заданої частоти сигналу (значенням провідності ізоляції за постійного струму нехтуємо, оскільки воно значно менше провідності ізоляції за змінного струму для заданої частоти):

$$G = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 600 \cdot 24{,}26 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 27{,}42 \cdot 10^{-9}\,\tilde{N}\grave{i}\ /\hat{e}\grave{i}\ .$$

Для другої, третьої та четвертої частот розрахунки первинних параметрів передачі виконуються аналогічно. В табл. 2.8 представлено результати розрахунків.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунків первинних параметрів передачі

Частота, кГц	0,6	1100	1550	1900
R, Ом/км	31,95	242,18	286,51	316,56
L, мкГн/км	829,74	748,79	745,31	743,52
C, нФ/км	24,26			
G, мкСм/км	0,03	514,86	1093	1867

2.3 Первинні параметри передачі коаксіального кабелю електрозв'язку

2.3.1 Методика розрахунку первинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв'язку

Активний опір коаксіального кола складається із опору внутрішнього провідника R_d та зовнішнього (полого) провідника R_D та згідно з [3] визначається за виразом:

$$R = R_d + R_D = \frac{2}{\sqrt{10}} \cdot \left(\sqrt{\frac{\mu_d f}{\sigma_d}} \cdot \frac{1}{d} + \sqrt{\frac{\mu_D f}{\sigma_D}} \cdot \frac{1}{D} \right), \qquad (2.12)$$

де R – активний опір коаксіального кола, Ом/км;

R_d, R_D – опори внутрішнього та зовнішнього провідників коаксіального кола, Ом/км;

σ_d, σ_D та μ_d, μ_D – провідності та магнітні проникності відповідно внутрішнього та зовнішнього провідників;

d – діаметр внутрішнього провідника, мм;

D – внутрішній діаметр зовнішнього провідника, мм.

Величини $\sqrt{\frac{\mu f}{\sigma}}$ для різних металів можуть бути розраховані за формулами, наведеними в табл. 2.9 [5].

Таблиця 2.9 – Розрахункові формули для визначення параметра $\sqrt{\frac{\mu f}{\sigma}}$

Метал	$\sqrt{\frac{\mu f}{\sigma}}$, де f в Гц
Мідь	$0{,}132 \cdot \sqrt{f}$
Алюміній	$0{,}171 \cdot \sqrt{f}$
Сталь	$3{,}72 \cdot \sqrt{f}$
Свинець	$0{,}47 \cdot \sqrt{f}$

Для коаксіального кабелю з мідними провідниками активний опір розраховується за виразом [1, 2]:

$$R = R_d + R_D = 8{,}35 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{f} \cdot \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right), \qquad (2.13)$$

де f – частота, Гц.

Для коаксіального кабелю з алюмінієвими провідниками активний опір розраховується за виразом [1, 2]:

$$R = R_d + R_D = 10{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{f} \cdot \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right). \qquad (2.14)$$

Для коаксіального кабелю, в якого внутрішній провід виготовленний із міді, а зовнішній – із алюмінію, активний опір розраховується за виразом [1, 2]:

$$R = R_d + R_D = \left(\frac{8{,}35 \cdot \sqrt{f}}{d} + \frac{10{,}8 \cdot \sqrt{f}}{D} \right) \cdot 10^{-2}. \qquad (2.15)$$

Індуктивність кола складається із внутрішньої індуктивності провідників $L_{\text{вн}}$ та зовнішньої міжпровідникової індуктивності $L_{\text{м}}$, а саме:

$$L = L_{\text{ì}} + L_{\text{âí}}. \tag{2.16}$$

Для коаксіальних кабелів з мідними провідниками індуктивність складає [1, 2]:

$$L = \left[2 \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{133,3}{\sqrt{f}} \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right) \right] \cdot 10^{-4}. \tag{2.17}$$

Для коаксіальних кабелів з алюмінієвими провідниками індуктивність складає [1, 2]:

$$L = \left[2 \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{172}{\sqrt{f}} \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right) \right] \cdot 10^{-4}. \tag{2.18}$$

Для коаксіальних кабелів, в яких внутрішній провід виготовлений із міді, а зовнішній – із алюмінію, індуктивність розраховується за виразом [1, 2]:

$$L = \left[2 \cdot \ln \frac{D}{d} + \left(\frac{133,3}{\sqrt{f} \cdot d} + \frac{172}{\sqrt{f} \cdot D} \right) \right] \cdot 10^{-4}. \tag{2.19}$$

Ємність коаксіального кола розраховується за формулою:

$$C = \frac{\varepsilon_{\text{å}} \cdot 10^{-6}}{18 \cdot \ln \frac{D}{d}}. \tag{2.20}$$

де C – ємність коаксіального кабелю, Ф/км;

ε_e – еквівалентна діелектрична проникність ізоляції.

Так як коаксіальні кабелі використовуються на високих частотах (починаючи з f = 60 кГц), то провідність ізоляції визначається за формулою:

$$G = \omega \cdot C \cdot \text{tg}\delta_{\text{å}}, \tag{2.21}$$

де G – провідність ізоляції коаксіального кабелю, См/км;

$\text{tg}\delta_e$ – еквівалентний тангенс кута діелектричних втрат в ізоляції.

Значення ε_e та $tg\delta_e$ ізоляції для різних типів коаксіальних пар представлені в табл. 2.10 [1, 2, 3].

Таблиця 2.10 – Еквівалентні значення ε_e та $tg\delta_e$ ізоляції коаксіального кабелю

Тип коаксіальної пари	Тип ізоляції	ε_e	$tg\delta_e \cdot 10^{-4}$ при f, кГц				
			10^3	$5 \cdot 10^3$	10^4	10^5	10^6
5/18	Керамічна (шайби)	1,19	1,1	1,0	0,9	0,9	-
5/18	Стирофлексна (спіраль)	1,19	0,75	0,8	1,0	1,2	1,5
2,6/9,4	Поліетиленова (шайби)	1,1	0,5	0,5	0,7	-	-
2,6/9,4	Поліетиленова (гелікоїдна)	1,09	0,4	0,4	0,5	-	-
1,83/6,8	Поліетиленова (шайби)	1,1	0,4	0,4	0,5	0,7	1,8
1,2/4,4	Балоно-поліетиленова	1,25	0,5	0,6	0,6	-	-
1,2/5,3	Пористо-поліетиленова	1,45	3	4	5	-	-

Для інших проміжних значень частоти параметри ε_e та $tg\delta_e$ визначаються шляхом інтерполяції.

2.3.2 Приклад розрахунку первинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв'язку

Як приклад розглянемо розрахунок первинних параметрів передачі коаксіальної пари 2,58/9,4 кабелю КМ-8/6. Розрахунок зробимо для наступних частот: $f_1 = 1{,}5$ МГц; $f_2 = 4$ МГц; $f_3 = 7$ МГц; $f_4 = 9{,}5$ МГц.

За виразом (2.13) розрахуємо активний опір коаксіальної пари для першої заданої частоти ($f_1 = 1{,}5$ МГц), при цьому, згідно з її конструкцією (табл. 1.17), діаметр внутрішнього проводу складає $d = 2{,}58$ мм, внутрішній діаметр зовнішнього проводу складає $D = 9{,}4$ мм:

$$R = 8{,}35 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{1{,}5 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{1}{2{,}58} + \frac{1}{9{,}4} \right) = 50{,}52 \text{ Ом/км}.$$

За виразом (2.17) визначимо індуктивність коаксіальної пари для першої частоти

$$L = \left[2 \cdot \ln \frac{9{,}4}{2{,}58} + \frac{133{,}3}{\sqrt{1{,}5 \cdot 10^6}} \left(\frac{1}{2{,}58} + \frac{1}{9{,}4} \right) \right] \cdot 10^{-4} = 263{,}96 \text{ мкГн/км}.$$

Тип ізоляції коаксіальної пари, для якої зробимо обчислення – поліетиленова шайбова, тому значення еквівалентної діелектричної проникності ізоляції складає $\varepsilon_e = 1{,}1$ (табл. 2.10).

Скориставшись даними табл. 2.10, шляхом інтерполяції визначимо значення еквівалентного тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції для частоти $f_1 = 1{,}5$ МГц: $\mathrm{tg}\delta_e = 0{,}5 \cdot 10^{-4}$.

За виразом (2.20) визначимо ємність коаксіальної пари:

$$C = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-6}}{18 \cdot \ln \frac{9{,}4}{2{,}58}} = 47{,}26 \text{ нФ/км}.$$

За виразом (2.21) визначимо провідність ізоляції коаксіальної пари:

$$G = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{6} \cdot 47{,}26 \cdot 10^{-9} \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-4} = 22{,}27 \text{ мкСм/км}.$$

Аналогічним чином зробимо розрахунок первинних параметрів передачі для інших заданих частот ($f_2 = 4$ МГц; $f_3 = 7$ МГц; $f_4 = 9{,}5$ МГц). Результати обчислень занесемо в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку первинних параметрів передачі коаксіальної пари 2,58/9,4 кабелю КМ-8/6.

Частота, МГц	1,5	4	7	9,5
R, Ом/км	50,52	82,49	109,13	127,13
L, мкГн/км	263,96	261,87	261,07	260,72
C, нФ/км	47,26			
G, мкСм/км	22,27	59,39	124,73	197,49

РОЗДІЛ ІІІ
ВТОРИННІ ПАРАМЕТРИ ПЕРЕДАЧІ КАБЕЛЮ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ

3.1 Загальні положення

В комплексній роботі необхідно розрахувати вторинні параметри передачі кола: коефіцієнт поширення γ (1/км); коефіцієнт загасання α (Нп/км); коефіцієнт фази β (рад/км); хвильовий опір $Z_{хв}$ (Ом) та фазову швидкість $\upsilon_ф$ (км/с).

Розрахунок необхідно виконати для заданого типу кабелю для чотирьох заданих частот сигналу. На основі розрахованих значень вторинних параметрів передачі потрібно скласти таблицю, побудувати графіки залежності отриманих значень α, β, $|Z_{хв}|$ та $\upsilon_ф$ від частоти (графіки на чотири точки), провести аналіз отриманих залежностей. Також побудувати графіки залежностей нормованих значень перерахованих параметрів від частоти для заданого діапазону частот для заданого типу кабелю (нормовані значення вторинних параметрів передачі кабелів електрозв'язку представлені в Додатках). Провести порівняння розрахованих значень вторинних параметрів передачі з нормованими значеннями, зробити висновки.

3.2 Вторинні параметри передачі симетричного кабелю електрозв'язку

3.2.1 Методика розрахунку вторинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв'язку

Фізична суть та повні розрахункові формули вторинних параметрів передачі детально наведені в [1, 2]. Ці параметри представлені у вигляді комплексних величин. Математичні обчислення комплексних величин слід виконувати за допомогою коефіцієнтів M_1, M_2, B_1 та B_2, які визначаються за формулами:

$$M_1 = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}, \tag{3.1}$$

$$M_2 = \sqrt{G^2 + (\omega C)^2}, \tag{3.2}$$

$$B_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{\omega L}{R}\right), \tag{3.3}$$

$$B_2 = \text{arctg}\left(\frac{\omega C}{G}\right), \tag{3.4}$$

де $\omega = 2\pi f$ – циклічна частота, 1/с;

R, *L*, *C*, *G* – відповідно активний опір, індуктивність, ємність та провідність ізоляції кола кабелю електрозв'язку.

Формули для розрахунку вторинних параметрів передачі для першої частоти мають наступний вид:

– коефіцієнт загасання α (Нп/км):

$$\alpha = \sqrt{M_1 \cdot M_2} \cdot \cos\left(\frac{B_1 + B_2}{2}\right); \tag{3.5}$$

– коефіцієнт фази β (рад/км):

$$\beta = \sqrt{M_1 \cdot M_2} \cdot \sin\left(\frac{B_1 + B_2}{2}\right); \tag{3.6}$$

– модуль хвильового опору $|Z_{\text{хв}}|$ (Ом):

$$|Z_{\text{хв}}| = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}; \tag{3.7}$$

– аргумент хвильового опору φ (град):

$$\varphi = \frac{B_1 - B_2}{2}; \tag{3.8}$$

– фазова швидкість $\upsilon_{\text{ф}}$ (км/с):

$$\upsilon_{\text{ф}} = \frac{\omega}{\beta}; \tag{3.9}$$

– коефіцієнт поширення γ (1/км):

$$\gamma = \alpha + j\beta. \tag{3.10}$$

Розрахунок вторинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв'язку для високочастотного діапазону (для другої, третьої та четвертої заданих частот) слід виконувати за наближеними формулами [1, 2, 3, 4]:

– коефіцієнт загасання α (Нп/км):

$$\alpha = \frac{R}{2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}; \tag{3.11}$$

– коефіцієнт фази β (рад/км):

$$\beta = \omega\sqrt{L \cdot C}; \tag{3.12}$$

– модуль хвильового опору $|Z_{\text{хв}}|$ (Ом):

$$|Z_{\text{хв}}| = \sqrt{\frac{L}{C}}; \tag{3.13}$$

– аргумент хвильового опору на ВЧ не визначається, тому що на цих частотах його значення наближається до 0^0;

– фазова швидкість $\upsilon_{\text{ф}}$ (км/с):

$$\upsilon_{\text{ф}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}; \tag{3.14}$$

– коефіцієнт поширення γ (1/км) визначається за виразом (3.10).

3.2.2 Приклад розрахунку вторинних параметрів передачі симетричного кабелю електрозв'язку

Як приклад розглянемо розрахунок вторинних параметрів передачі симетричного кабелю МКССШп 7×4×1,2 при частотах f_1 = 600 Гц та f_2 = 1100 кГц. Використаємо значення первинних параметрів передачі заданого кабелю, отримані вище, в результаті обчислень (п. 2.2.2):

при f_1 = 600 Гц:

– активний опір R = 31,95 Ом/км;

– індуктивність L = 829,74 мкГн/км;

– ємність C = 24,26 нФ/км;

– провідність ізоляції G = 0,027 мкСм/км;

при f_2 = 1100 кГц:

– активний опір R = 242,17 Ом/км;

– індуктивність L = 748,78 мкГн/км;

– ємність C = 24,26 нФ/км;

– провідність ізоляції G = 514,86 мкСм/км.

Зробимо розрахунок вторинних параметрів передачі для частоти f_1 = 600 Гц:

1) за виразами (3.1)…(3.4) розрахуємо значення коефіцієнтів M_1, M_2, B_1 та B_2:

$$M_1 = \sqrt{31,95^2 + \left(2 \cdot 3,14 \cdot 829,74 \cdot 10^{-6}\right)^2} = 32,1,$$

$$M_2 = \sqrt{\left(27 \cdot 10^{-9}\right) + \left(2 \cdot 3,14 \cdot 24,26 \cdot 10^{-9}\right)^2} = 9,14 \cdot 10^{-5},$$

$$B_1 = \text{arctg}\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 600 \cdot 829,74 \cdot 10^{-6}}{31,95}\right) = 5,59 \text{ ãðàä},$$

$$B_2 = \text{arctg}\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 600 \cdot 24,26 \cdot 10^{-9}}{27 \cdot 10^{-9}}\right) = 89,98 \text{ ãðàä};$$

2) за виразом (3.5) визначимо коефіцієнт загасання:

$$\alpha = \sqrt{32,1 \cdot 9,14 \cdot 10^{-5}} \cdot \cos\left(\frac{5,59 + 89,98}{2}\right) = 0,0444 \text{ Нп/км};$$

$$\alpha = 0,0444 \cdot 8,69 = 0,386 \text{ äÁ/êì};$$

3) за виразом (3.6) визначимо коефіцієнт фази:

$$\beta = \sqrt{32,1 \cdot 9,14 \cdot 10^{-5}} \cdot \sin\left(\frac{5,59 + 89,98}{2}\right) = 0,047 \text{ рад/км};$$

4) за виразом (3.7) визначимо модуль хвильового опору:

$$|Z_{\text{хв}}| = \sqrt{\frac{32,1}{9,14 \cdot 10^{-5}}} = 592,61 \text{ Ом};$$

5) за виразом (3.8) визначимо аргумент хвильового опору:

$$\varphi = \frac{5,59 - 89,98}{2} = -42,2 \text{ град};$$

6) за виразом (3.9) визначимо фазову швидкість:

$$\upsilon_{\text{ф}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 600}{0,047} = 80,823 \cdot 10^3 \text{ км/с}.$$

Зробимо розрахунок вторинних параметрів передачі для частоти f_2 = 1100 кГц:
1) за виразом (3.11) розрахуємо значення коефіцієнта загасання:

$$\alpha = \frac{242,17}{2} \cdot \sqrt{\frac{21,71 \cdot 10^{-9}}{748,78 \cdot 10^{-6}}} + \frac{514,86 \cdot 10^{-6}}{2} \cdot \sqrt{\frac{748,78 \cdot 10^{-6}}{21,71 \cdot 10^{-9}}} = 0,7 \text{ Нп/км};$$

$$\alpha = 0,7 \cdot 8,69 = 6,08 \text{ äÁ/êì ;}$$

2) за виразом (3.12) розрахуємо значення коефіцієнта фази:

$$\beta = 2 \cdot \pi \cdot 1100 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{748,78 \cdot 10^{-6} \cdot 21,71 \cdot 10^{-9}} = 27,871 \text{ рад/км};$$

3) за виразом (3.13) розрахуємо значення модуля хвильового опору:

$$|Z_{\text{хв}}| = \sqrt{\frac{748,78 \cdot 10^{-6}}{21,71 \cdot 10^{-9}}} = 185,686 \text{ Ом};$$

4) за виразом (3.14) розрахуємо значення фазової швидкості:

$$\upsilon_{\text{ф}} = \frac{1}{\sqrt{748,78 \cdot 10^{-6} \cdot 21,71 \cdot 10^{-9}}} = 247,982 \cdot 10^3 \text{ км/с}.$$

3.3 Вторинні параметри передачі коаксіального кабелю електрозв'язку

3.3.1 Методика розрахунку вторинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв'язку

Коефіцієнт загасання коаксіального кабелю для частот вище 60 кГц можна визначити або за виразом (3.11) або через габаритні співвідношення кабелю та параметри діелектрика для кабелю з мідними провідниками [1, 2]:

$$\alpha = \frac{8,35\sqrt{f\varepsilon_{\text{e}}} \cdot \left(\frac{D}{d} + 1\right) \cdot 10^{-3}}{12D \ln \frac{D}{d}} + \frac{10}{3} \pi f \sqrt{\varepsilon_{\text{e}}} \text{tg}\delta_{\text{e}} \cdot 10^{-6}, \qquad (3.15)$$

де α – коефіцієнт загасання коаксіального кабелю, дБ/км;

f – частота сигналу, Гц;

ε_{e} – еквівалентна діелектрична проникність ізоляції;

d – діаметр внутрішнього провідника, мм;

D – внутрішній діаметр зовнішнього провідника, мм;

$tg\delta_e$ – еквівалентний тангенс кута діелектричних втрат в ізоляції.

Коефіцієнт фази можна визначити за виразом (3.12) або через параметр c – швидкість світла у вакуумі ($c = 3 \cdot 10^5$ км/с):

$$\beta = \frac{\omega\sqrt{\varepsilon_{\text{å}}}}{\tilde{n}}, \tag{3.16}$$

де β – коефіцієнт фази коаксіального кабелю електрозв'язку, рад/км;

$\omega = 2\pi f$ – циклічна частота, 1/с.

Швидкість поширення електромагнітної енергії по коаксіальному кабелю можна визначити за виразом (3.9) або через швидкість світла:

$$\upsilon_{\text{ô}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_{\text{å}}}}, \tag{3.17}$$

де $\upsilon_ф$ – фазова швидкість поширення сигналу, км/с.

Модуль хвильового опору коаксіального кабелю можна визначити або за виразом (3.13) або через габаритні співвідношення кабелю та параметри діелектрика:

$$\left|Z_{\text{õâ}}\right| = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_{\text{å}}}} \ln\frac{D}{d}, \tag{3.18}$$

де $\left|Z_{\text{хв}}\right|$ – модуль хвильового опору, Ом.

3.3.2 Приклад розрахунку вторинних параметрів передачі коаксіального кабелю електрозв'язку

Як приклад розглянемо розрахунок вторинних параметрів передачі коаксіальної пари 2,58/9,4 кабелю КМ-8/6. Розрахунок зробимо для наступних частот: f_1 = 1,5 МГц; f_2 = 4 МГц; f_3 = 7 МГц; f_4 = 9,5 МГц.

За виразом (3.15) визначимо коефіцієнт загасання коаксіальної пари для першої частоти (f_1 = 1,5 МГц), при цьому, згідно з конструкцією кабелю (табл. 1.17), діаметр внутрішнього проводу складає d = 2,58 мм, внутрішній діаметр зовнішнього проводу – D = 9,4 мм, тип ізоляції коаксіальної пари, для якої виконуються обчислення – поліетиленова шайбова, тому значення еквівалентної діелектричної проникності ізоляції буде ε_e = 1,1, значення еквівалентного тангенса кута діелектричних втрат в ізоляції для частоти f_1 = 1,5 МГц: $tg\delta_e = 0{,}5 \cdot 10^{-4}$ (див. табл. 2.10):

$$\alpha = \frac{8,35\sqrt{1,5\cdot 10^6\cdot 1,1}\cdot\left(\frac{9,4}{2,58}+1\right)\cdot 10^{-3}}{12\cdot 9,4\cdot \ln\frac{9,4}{2,58}} + \frac{10}{3}\cdot 3,14\cdot 1,5\cdot 10^6\sqrt{1,1}\cdot 0,5\cdot 10^{-4}\cdot 10^{-6} = 0,342 \text{ Нп/км}.$$

$$\alpha = 0,342\cdot 8,69 = 2,97 \text{ äÁ/êì}.$$

За виразом (3.16) розрахуємо коефіцієнт фази:

$$\beta = \frac{2\cdot 3,14\cdot 1,5\cdot 10^6\sqrt{1,1}}{3\cdot 10^5} = 32,95 \text{ рад/км}.$$

За виразом (3.17) розрахуємо швидкість поширення електромагнітної енергії по коаксіальній парі:

$$\upsilon_ф = \frac{3\cdot 10^5}{\sqrt{1,1}} = 286038,77 \text{ км/с}.$$

За виразом (3.18) визначимо модуль хвильового опору:

$$|Z_{хв}| = \frac{60}{\sqrt{1,1}}\cdot \ln\frac{9,4}{2,58} = 73,96 \text{ Ом}.$$

Аналогічним чином виконуються розрахунки вторинних параметрів передачі коаксіальної пари для трьох інших частот. В табл. 3.1 надано результати виконаних розрахунків.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку вторинних параметрів передачі коаксіальної пари 2,58/9,4 кабелю КМ-8/6.

Частота, МГц	1,5	4	7	9,5
α, Нп/км	0,342	0,559	0,742	0,866
α, дБ/км	2,974	4,865	6,45	7,531
β, рад/км	32,95	87,86	153,76	208,68
$\upsilon_ф$, км/с	286038,77			
$\|Z_{хв}\|$, Ом	73,96			

ЛІТЕРАТУРА

1. Гроднев И.И. Линии связи / И.И. Гроднев, Н.Д. Курбатов. – М.: Связь, 1980. – 440 с.

2. Гроднев И.И. Линии связи / И.И. Гроднев, С.М. Верник. – М.: Связь, 1988.

3. Гроднев И.И. Инженерно-технический справочник по электросвязи / Гроднев И.И., Гумеля А.Н., Климов А.Н. – [3-е изд.]. – М.: Связь, 1966. – 671 с.

4. Строительство кабельных сооружений связи: справочник / [Д.А. Барон, И.И. Гроднев, В.Н. Евдокимов и др.]. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Радио и связь, 1988. – 768 с.

5. Кондаков А.Г. Методическое руководство по курсовому проектированию междугородных кабельных линий связи / Кондаков А.Г. – Одесса, 1966. – 32 с.

6. Парфенов Ю.А. Последняя миля на медных кабелях / Ю.А. Парфенов, Д.Г. Мирошников. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 221 с.

7. Кабели местной связи высокочастотные КСПП, КСПЗП. Технические условия. ТУ 16к-71-061-89. – [Чинні від 1990-06-01]. – 45 с.

8. Андреев В.А. Направляющие системы электросвязи: учебник [для вузов]. – в 2-х т. Том 1 – Теория передачи и влияния / Андреев В.А., Портнов Э.Л., Кочановский Л.Н.; под ред. В.А. Андреева. – [7-е изд., перераб. и доп.]. – Горячая линия – Телеком, 2009. – 424 с.: ил.

9. Кабелі радіочастотні коаксіальні. Технічні умови. ТУ-У 31,3-05758730-021-2003. – [Чинні від 2004-02-23]. – Одеса.: УРУ Держстандарта Одеський центр стандартизації і метрології 1998. – (Технічні умови ВАТ «Одескабель»).

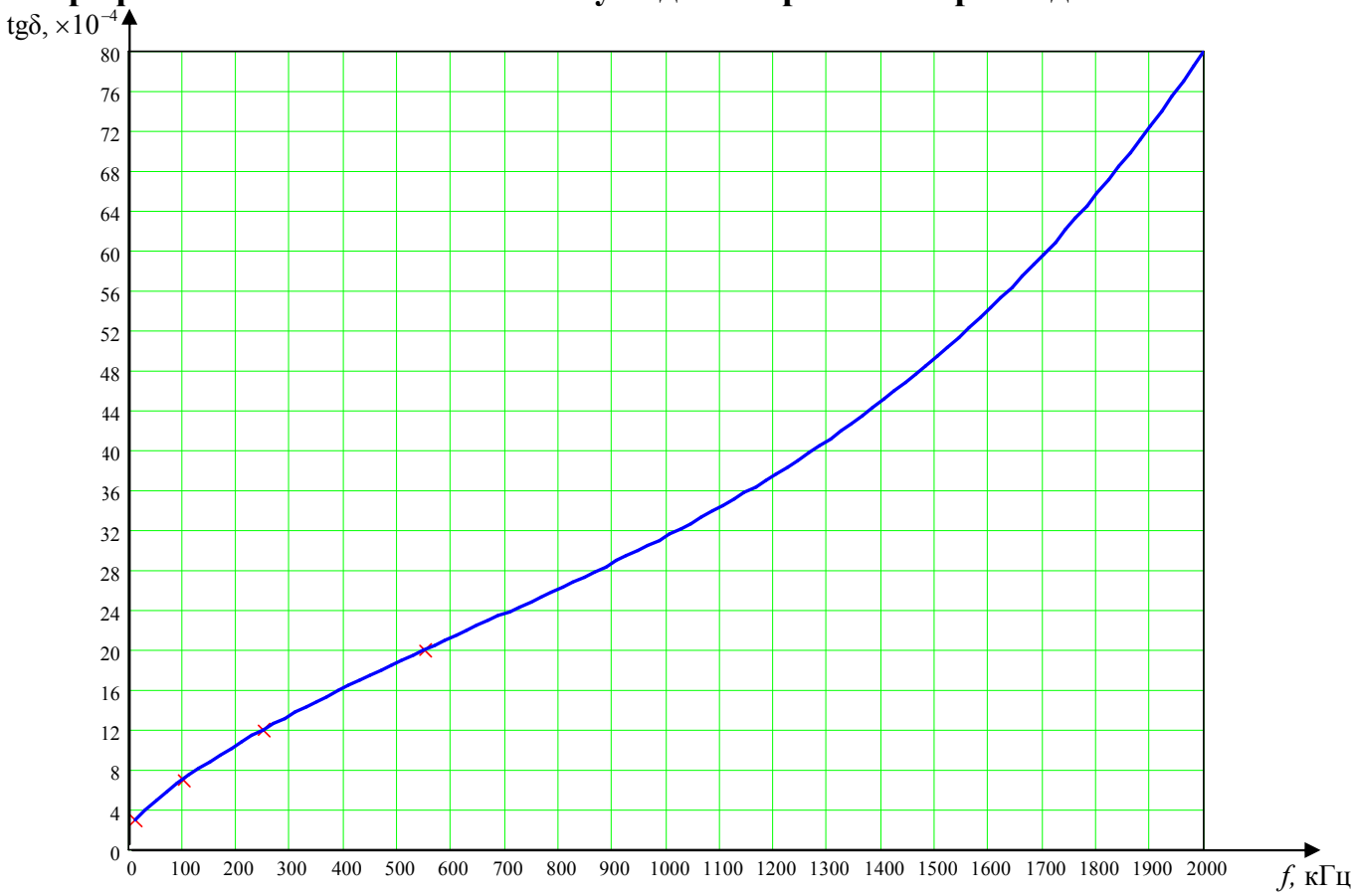
10. Радиочастотные коаксиальные кабели. Комбинированные кабели для видеонаблюдения. Каталог продукции ОАО «Одескабель» - Одесса, 2011. – 24 с.

11. Довгий С.О. Сучасні телекомунікації: мережі, технології, безпека, економіка, регулювання / Довгий С.О., Воробієнко П.П., Гуляєв К.Д. – К.: Азимут – Україна, 2013. – 608 с.: іл.

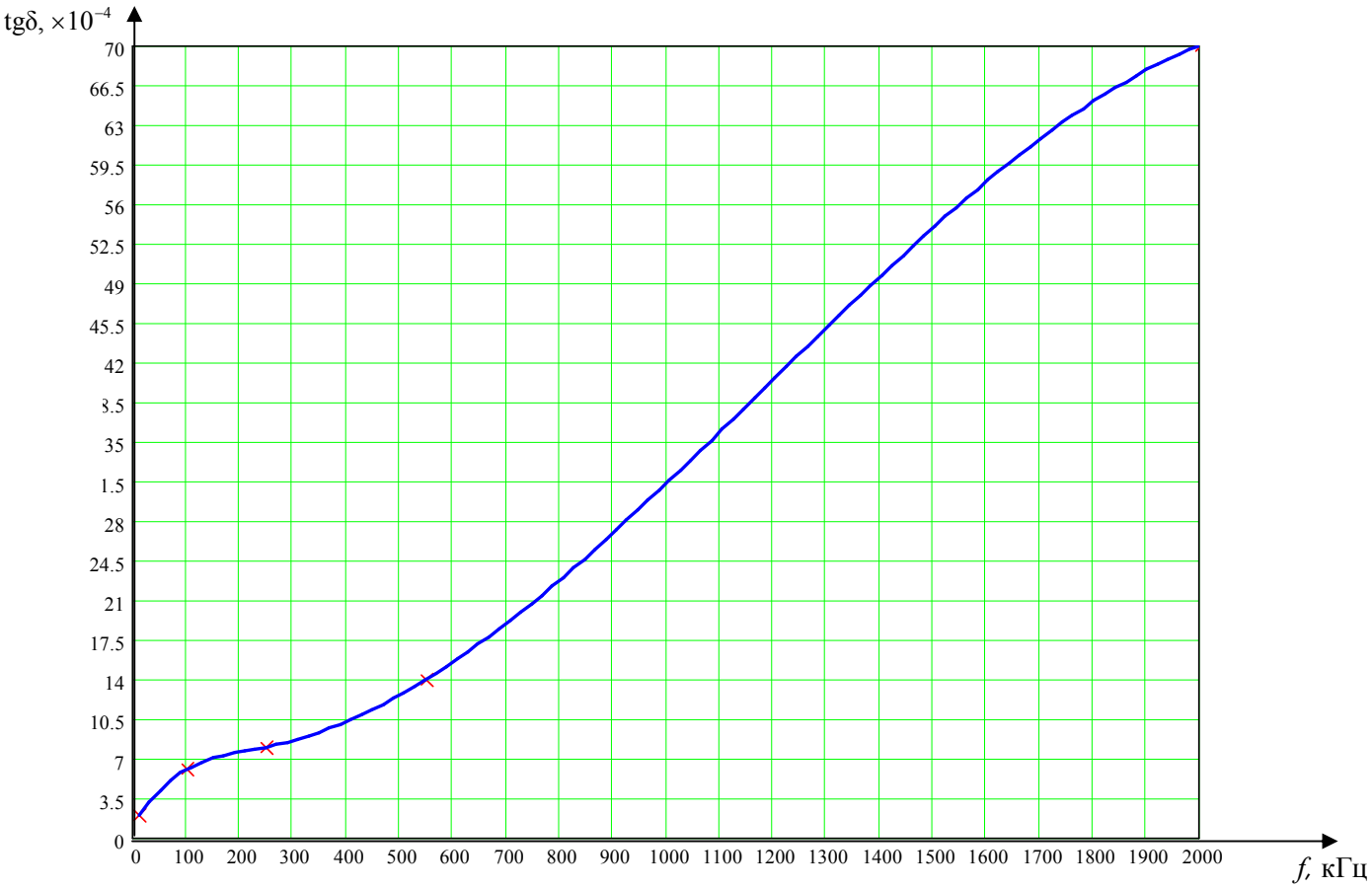
ДОДАТКИ

Додаток 1

Графіки залежностей тангенса кута діелектричних втрат від частоти



Графік залежності тангенса кута діелектричних втрат від частоти для кабелю типу МКС



Графік залежності тангенса кута діелектричних втрат від частоти для кабелю типу ЗКП

Додаток 2

Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКС- 7×4×1,2

Значення вторинних параметрів передачі основних пар кабелю МКС- 7×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
0,3	0,224	25,8	0,026	815	43,3
0,5	0,278	32,0	0,034	646	42,1
1,0	0,380	43,8	0,052	450	39,3
1,5	0,444	51,1	0,066	377	36,7
2,0	0,493	56,8	0,080	328	34,2
2,5	0,533	61,4	0,093	296	32,0
3,0	0,566	65,2	0,106	276	30,0
3,5	0,594	68,4	0,119	261	28,2
4,0	0,617	71,0	0,132	248	26,6
5,0	0,656	75,5	0,158	232	23,7
6,0	0,684	78,7	0,184	220	21,3
7,0	0,705	81,2	0,209	211	19,5
8,0	0,725	83,5	0,236	204	17,9
9,0	0,741	85,3	0,261	199	16,5
10,0	0,759	87,4	0,286	195	15,3

Значення вторинних параметрів передачі основних пар кабелю МКС- 7×4×1,2 (четвірки зовнішнього повиву) за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
10	0,759	87,4	0,286	195,0	15,3
20	0,870	100,2	0,55	188,5	9,4
30	0,980	112,8	0,82	185,0	7,3
40	1,087	125,1	1,08	182,7	6,2
50	1,190	137,0	1,34	181,1	5,5
60	1,290	148,5	1,60	179,7	4,8
70	1,387	159,7	1,86	178,5	4,4
80	1,481	170,5	2,12	177,4	4,0
90	1,570	180,8	2,38	176,5	3,7
100	1,654	190,4	2,60	175,6	3,5
110	1,734	199,6	2,85	174,9	3,3
150	2,023	232,9	3,90	172,5	2,8
200	2,333	268,3	5,16	170,6	2,5
250	2,607	300,1	6,43	169,7	2,25
260	2,658	306,0	6,68	169,6	2,20
300	2,854	328,6	7,69	169,3	2,00
350	3,079	354,5	8,98	169,2	1,7
400	3,291	378,9	10,24	169,1	1,5
450	3,490	401,8	11,50	169,1	1,3
500	3,676	423,2	12,76	169,0	1,05
550	3,856	443,9	14,02	169,0	0,8

Закінчення Додатку 2

Значення вторинних параметрів передачі основних пар кабелю МКС - 7×4×1,2 (центральна четвірка) за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
10	0,747	86,0	0,29	195,0	15,3
20	0,842	96,9	0,55	188,5	9,8
30	0,938	108,0	0,82	185,4	7,7
40	1,038	119,5	1,10	183,6	6,6
50	1,133	130,4	1,35	182,0	5,9
60	1,226	141,1	1,61	180,8	5,3
70	1,317	151,6	1,87	179,8	4,8
80	1,403	161,5	2,15	178,8	4,4
90	1,485	171,0	2,39	178,0	4,1
100	1,561	179,7	2,65	177,3	3,8
110	1,636	188,4	2,90	176,6	3,7
150	1,908	219,7	3,96	174,3	3,1
200	2,206	254,0	5,27	172,4	2,7
250	2,469	284,3	6,57	171,3	2,55
260	2,519	290,0	6,84	171,2	2,5
300	2,706	310,0	7,86	170,8	2,25
350	2,924	336,6	6,17	170,4	2,0
400	3,127	360,0	10,46	170,3	1,7
450	3,318	382,0	11,75	170,2	1,5
500	3,497	402,6	13,05	170,2	1,3
550	3,668	422,3	14,35	170,1	1,1

Значення вторинних параметрів передачі фантомних кіл кабелю МКС- 7×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
0,3	0,261	30,0	0,031	360	43,8
0,5	0,326	37,5	0,038	264	43,0
1,0	0,439	50,5	0,055	192	41,0
1,5	0,523	60,2	0,069	156	39,1
2,0	0,584	67,2	0,084	135	37,3
2,5	1,634	73,0	0,097	121	35,5
3,0	0,674	77,6	0,110	110	33,9
3,5	0,709	81,6	0,122	102	32,3
4,0	0,739	85,1	0,135	97	30,8
5,0	0,796	91,6	0,160	90	28,0
6,0	0,831	95,7	0,186	86	25,6
7,0	0,864	99,5	0,212	83	23,4
8,0	0,894	102,9	0,236	80	21,5
9,0	0,918	105,7	0,262	78	19,9
10,0	0,940	108,2	0,287	75	18,4

Додаток 3

Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКС- 4×4×1,2 за температури 20^0С

f, кГц	α, дБ/км	α, мНп/км	β, рад/км	$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом	-φ°
0,3	0,224	25,8	0,026	815	43,3
0,5	0,278	32,0	0,034	646	42,1
1,0	0,380	43,8	0,052	450	39,3
1,5	0,444	51,1	0,066	377	36,7
2,0	0,493	56,8	0,080	328	34,2
2,5	0,533	61,4	0,093	296	32,0
3,0	0,566	65,2	0,106	276	30,0
3,5	0,594	68,4	0,119	261	28,2
4,0	0,617	71,0	0,132	248	26,6
5,0	0,656	75,5	0,158	232	23,7
6,0	0,684	78,7	0,184	220	21,3
7,0	0,705	81,2	0,209	211	19,5
8,0	0,725	83,5	0,236	204	17,9
9,0	0,741	85,3	0,261	199	16,5
10	0,760	87,5	0,286	195	15,3
20	0,879	101,2	0,56	185,6	10,7
30	0,992	114,2	0,81	177,6	8,3
40	1,100	126,6	1,07	173,7	7,0
50	1,203	138,5	1,31	171,6	6,3
60	1,303	150,0	1,56	170,3	5,7
70	1,401	161,3	1,81	169,1	5,2
80	1,495	172,1	2,06	168,4	4,8
90	1,584	182,4	2,31	167,9	4,5
100	1,670	192,3	2,56	167,3	4,3
110	1,752	201,7	2,8	166,9	4,1
150	2,048	235,8	3,82	165,5	3,4
200	2,370	272,9	5,04	164,6	3,05
250	2,653	305,4	6,28	164,0	2,8
260	2,707	311,7	6,53	164,0	2,7
300	2,912	335,3	7,53	163,9	2,6
350	3,149	362,5	8,78	163,8	2,5
400	3,370	388,0	10,02	163,6	2,3
450	3,579	412,0	11,28	163,5	2,2
500	3,774	434,5	12,52	163,3	2,0
550	3,961	456,0	13,75	163,2	1,9

Додаток 4

Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКСАШп- 4×4×1,2 за температури 20^0С

f, кГц	α, дБ/км	α, мНп/км	β, рад/км	$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом	-φ°
0,3	0,220	25,3	0,026	801,0	44,2
0,5	0,278	32,0	0,035	614,0	42,7
1,0	0,380	43,8	0,051	448,0	40,2
1,5	0,446	51,0	0,063	367,0	38,2
2,0	0,495	57,0	0,076	326,0	36,1
2,5	0,534	61,4	0,088	295,0	34,1
3,0	0,566	65,2	0,102	271,0	32,3
3,5	0,593	68,3	0,115	253,0	30,5
4,0	0,615	70,8	0,128	241,0	28,8
5,0	0,642	74,7	0,154	225,0	25,9
6,0	0,676	77,8	0,180	214,0	23,5
7,0	0,696	80,1	0,206	206,0	21,4
8,0	0,714	82,2	0,231	199,0	19,6
9,0	0,721	83,0	0,257	194,0	17,9
10	0,739	85,1	0,283	190,0	16,45
20	0,853	98,2	0,540	178,8	10,70
30	0,956	110,1	0,800	175,6	7,83
40	1,057	121,7	1,06	173,6	6,50
50	1,153	132,7	1,31	172,4	5,78
60	1,245	143,3	1,57	171,6	5,20
70	1,335	153,7	1,83	170,8	4,80
80	1,424	163,9	2,09	170,2	4,50
90	1,508	173,6	2,34	169,7	4,23
100	1,588	182,8	2,6	169,2	4,00
110	1,663	191,5	2,85	168,8	3,80
150	1,935	222,8	3,88	167,6	3,25
200	2,225	256,2	5,18	166,7	2,90
250	2,479	285,4	6,45	166,5	2,70
260	2,527	290,9	6,7	166,4	2,68
300	2,707	311,7	7,75	166,2	2,56
350	2,915	335,6	9,05	166,2	2,40
400	3,108	357,8	10,32	166,1	2,23
450	3,288	378,5	11,6	166,05	2,10
500	3,459	398,2	12,85	166,0	1,95
550	3,621	416,9	14,15	165,9	1,80

Додаток 5

Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКСАШп- 7×4×1,2

Значення вторинних параметрів передачі основних пар кабелю МКСАШп- 7×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
0,3	0,220	25,3	0,026	801	44,2
0,5	0,279	32,2	0,035	614	42,7
1,0	0,380	43,8	0,051	448	40,2
1,5	0,447	51,5	0,063	367	38,2
2,0	0,498	57,4	0,076	326	36,1
2,5	0,537	61,9	0,088	295	34,1
3,0	0,573	66,0	0,102	271	32,3
3,5	0,603	69,4	0,115	253	30,5
4,0	0,625	72,0	0,128	241	28,8
5,0	0,655	75,4	0,154	225	25,9
6,0	0,677	78,0	0,180	214	23,5
7,0	0,696	80,1	0,206	206	21,4
8,0	0,713	82,1	0,231	199	19,6
9,0	0,727	83,8	0,257	194	17,9
10,0	0,739	85,1	0,283	190	16,4

Значення вторинних параметри передачі основних пар кабелю МКСАШп- 7×4×1,2 (четвірки зовнішнього повиву) за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
10	0,739	85,1	0,283	190,0	16,4
20	0,821	94,5	0,54	180,5	9,7
30	0,918	105,7	0,80	179,2	7,5
40	1,007	116,0	1,06	178,0	6,4
50	1,103	127,0	1,32	177,2	5,7
60	1,207	139,0	1,60	176,4	5,1
70	1,290	148,5	1,83	175,8	4,7
80	1,464	158,5	2,09	175,2	4,4
90	1,540	168,5	2,35	174,8	4,15
100	1,616	177,3	2,60	174,3	4,00
110	1,880	186,0	2,85	173,9	3,85
150	2,176	216,5	3,88	172,4	3,45
200	2,432	250,5	5,15	171,1	3,1
250	2,475	280,0	6,40	170,2	2,80
260	2,527	285,0	6,66	170,0	2,75
300	2,660	306,3	7,68	169,6	2,60
350	2,870	331,3	8,95	169,0	2,30
400	3,066	353,0	10,20	168,6	2,15
450	3,240	373,0	11,48	168,3	1,90
500	3,405	392,0	12,75	168,1	1,65
550	3,570	411,0	14,00	168,0	1,40

Закінчення Додатку 5

Значення вторинних параметрів передачі основних пар
кабелю МКСАШп- 7×4×1,2(центральна четвірка) за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
10	0,651	75,0	0,28	192,0	17,5
20	0,782	90,0	0,55	182,6	9,3
30	0,899	103,5	0,80	179,9	7,3
40	1,007	116,0	1,06	178,9	6,2
50	1,112	128,0	1,32	178,2	5,5
60	1,216	140,0	1,60	177,6	4,95
70	1,320	152,0	1,85	177,1	4,55
80	1,407	162,0	2,12	176,6	4,25
90	1,490	171,5	2,37	176,2	4,00
100	1,576	181,5	2,65	175,7	3,75
110	1,655	190,5	2,90	175,4	3,6
150	1,941	223,6	3,95	174,3	3,05
200	2,241	258,0	5,25	173,2	2,8
250	2,497	287,5	6,55	172,2	2,6
260	2,549	293,5	6,83	172,0	2,55
300	2,736	315,0	7,85	171,4	2,4
350	2,936	338,0	9,17	170,7	2,15
400	3,142	361,7	10,45	170,2	1,95
450	3,331	383,5	11,75	169,8	1,75
500	3,526	406,0	13,05	169,6	1,55
550	3,674	423,0	14,35	169,4	1,35

Значення вторинних параметрів передачі фантомних кіл
кабелю МКСАШп- 7×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
0,3	0,271	31,2	0,032	355,0	44,6
0,5	0,338	38,9	0,041	286,0	43,5
1,0	0,456	52,5	0,059	195,5	41,8
1,5	0,542	62,4	0,073	160,5	40,2
2,0	0,606	69,8	0,085	140,5	38,8
2,5	0,655	75,4	0,097	126,0	37,3
3,0	0,696	80,2	0,110	115,0	35,9
3,5	0,729	84,0	0,122	108,5	34,4
4,0	0,757	87,2	0,134	102,5	33,0
5,0	0,806	92,8	0,159	95,0	30,3
6,0	0,842	97,0	0,184	89,0	27,8
7,0	0,872	100,4	0,208	84,8	25,8
8,0	0,894	103,0	0,233	81,5	23,9
9,0	0,915	105,3	0,257	79,5	22,0
10,0	0,927	106,8	0,282	77,5	20,7

Додаток 6

Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКССШп- 4×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
0,3	0,224	25,8	0,026	793	44,0
0,5	0,279	32,1	0,033	615	43,0
1,0	0,376	43,3	0,050	440	40,7
1,5	0,443	51,0	0,065	364	38,2
2,0	0,495	57,0	0,080	320	36,0
2,5	0,536	61,7	0,095	290	33,9
3,0	0,571	65,7	0,108	268	32,1
3,5	0,599	68,9	0,121	251	30,4
4,0	0,623	71,7	0,133	239	33,8
5,0	0,662	76,2	0,158	224	26,0
6,0	0,689	79,4	0,182	215	23,9
7,0	0,712	81,4	0,207	208	22,1
8,0	0,730	84,0	0,232	204	20,5
9,0	0,743	85,5	0,256	200	19,0
10	0,756	87,0	0,281	199,0	17,65
20	0,886	102,0	0,56	189,0	11,15
30	0,990	114,0	0,83	181,8	8,45
40	1,090	125,5	1,07	177,1	6,70
50	1,187	136,7	1,32	174,1	5,90
60	1,273	146,6	1,60	171,6	5,25
70	1,361	156,7	1,84	169,9	4,85
80	1,443	166,1	2,08	168,7	4,50
90	1,522	175,2	2,34	167,8	4,27
100	1,598	184,0	2,58	167,1	4,05
110	1,623	195,6	2,82	166,6	3,90
150	1,941	223,5	3,80	165,5	3,30
200	2,229	256,6	5,08	165,4	2,85
250	2,485	286,1	6,32	165,2	2,52
260	2,533	291,6	6,56	165,1	2,50
300	2,717	312,8	7,56	165,0	2,30
350	2,933	337,7	8,80	164,8	2,20
400	3,132	360,6	10,05	164,6	2,05
450	3,320	382,2	11,30	164,3	1,90
500	3,497	402,6	12,52	164,1	1,85
550	3,665	422,0	13,78	163,9	1,60

Додаток 7

Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКССШп- 7×4×1,2

Значення вторинних параметрів передачі основних пар кабелю МКССШп- 7×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
0,3	0,224	25,8	0,026	793	44,0
0,5	0,270	31,0	0,033	615	43,0
1,0	0,374	43,0	0,050	440	40,7
1,5	0,443	51,0	0,065	364	38,2
2,0	0,495	57,0	0,080	320	36,0
2,5	0,536	61,7	0,095	290	33,9
3,0	0,571	65,7	0,108	268	32,1
3,5	0,600	68,9	0,121	251	30,4
4,0	0,623	71,7	0,133	239	33,8
5,0	0,662	76,2	0,158	224	26,0
6,0	0,689	79,4	0,182	215	23,9
7,0	0,712	81,9	0,207	208	22,1
8,0	0,730	84,0	0,232	204	20,5
9,0	0,743	85,5	0,256	200	19,0
10,0	0,756	87,0	0,281	199	17,65

Значення вторинних параметрів передачі основних пар кабелю МКССШп- 7×4×1,2 (четвірки зовнішнього повиву) за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
10	0,756	87,0	0,281	199,0	17,65
20	0,885	101,9	0,55	183,0	10,80
30	1,003	115,5	0,82	178,7	8,0
40	1,107	127,4	1,06	176,2	6,8
50	1,209	139,2	1,32	174,4	6,0
60	1,300	149,6	1,59	173,0	5,5
70	1,389	159,9	1,85	172,0	5,1
80	1,476	169,9	2,10	171,2	4,75
90	1,556	179,1	2,35	170,5	4,5
100	1,634	188,1	2,60	169,9	4,25
110	1,708	196,7	2,85	169,4	4,05
150	1,982	228,1	3,88	167,8	3,35
200	2,277	262,1	5,15	166,5	3,00
250	2,538	292,2	6,42	165,6	2,70
260	2,585	297,6	6,68	165,4	2,65
300	2,771	319,0	7,70	164,8	2,50
350	2,988	344,0	8,95	164,4	2,35
400	3,192	367,5	10,23	164,2	2,15
450	3,383	389,5	11,50	164,0	2,00
500	3,564	410,3	12,75	163,9	1,80
550	3,736	430,1	14,00	163,8	1,65

Закінчення Додатку 7

Значення вторинних параметрів передачі основних пар кабелю МКССШп - 7×4×1,2 (центральна четвірка) за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
10	0,704	81,0	0,28	192,0	17,0
20	0,816	93,9	0,55	184,0	9,8
30	0,933	107,5	0,82	181,6	6,9
40	1,046	120,4	1,06	180,0	6,7
50	1,150	132,4	1,32	178,8	5,8
60	1,242	143,0	1,59	177,9	5,15
70	1,332	153,4	1,85	177,1	4,60
80	1,417	163,1	2,10	176,3	4,30
90	1,496	172,2	2,36	175,6	4,05
100	1,573	181,1	2,62	175,0	3,9
110	1,645	189,5	2,89	174,4	3,7
150	1,919	220,9	3,95	172,6	3,3
200	2,213	254,8	5,25	171,2	2,95
250	2,473	284,7	6,56	170,4	2,70
260	2,520	290,1	6,80	170,3	2,65
300	2,705	311,5	7,85	169,9	2,45
350	2,920	336,2	9,17	169,4	2,20
400	3,120	359,2	10,46	168,8	2,00
450	3,315	381,5	11,75	168,1	1,80
500	3,484	401,5	13,05	167,6	1,60
550	3,665	422,0	14,35	166,9	1,35

Значення вторинних параметрів передачі фантомних кіл кабелю МКССШп - 7×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ°**
0,3	0,253	29,1	0,030	358,0	44,2
0,5	0,320	36,8	0,038	274,0	43,4
1,0	0,443	53,6	0,054	197,0	41,6
1,5	0,521	59,9	0,069	162,0	39,8
2,0	0,581	66,9	0,084	142,0	38,3
2,5	0,628	72,4	0,097	127,0	36,8
3,0	0,668	77,0	0,110	117,0	35,5
3,5	0,700	80,6	0,122	110,0	34,2
4,0	0,728	83,8	0,133	104,0	33,0
5,0	0,770	88,7	0,155	96,0	30,6
6,0	0,803	92,4	0,176	90,0	28,5
7,0	0,830	95,6	0,198	86,0	26,6
8,0	0,854	98,3	0,220	82,5	24,8
9,0	0,875	100,7	0,242	80,0	23,2
10,0	0,898	103,0	0,263	78,5	21,6

Додаток 8

Значення вторинних параметрів передачі кабелю МКПВ 1×4×1,2 за температури 20^0С

***f*, кГц**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом**
10	108,5	0,37	172
20	124,5	0,70	163
40	148	1,35	154
50	150	1,67	151
60	169	1,98	150
80	189	2,60	147,7
100	208	3,22	145
120	225	3,85	144,8
140	240,7	4,45	143,5
150	240	4,79	143,4
160	255	5,10	143,0
180	260	5,71	143,0
200	280,5	6,33	142,8
210	280	6,64	142,8
220	285	6,95	142,7
230	292	7,25	142,7
240	302	7,55	142,7
250	307	7,86	142,6
260	312	8,16	142,6

Додаток 9

Значення вторинних параметрів передачі кабелю ЗКП - 1×4×1,2 за температури 20^0С

f, кГц	α, дБ/км	α, мНп/км	β, рад/км	$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом	-φ°
0,3	0,301	34,6	0,030	665	44,0
0,5	0,378	43,5	0,045	535	42,4
1,0	0,512	58,9	0,065	408	39,6
1,5	0,592	68,1	0,085	330	37,3
2,0	0,653	75,1	0,103	280	35,3
2,5	0,697	80,3	0,120	249	33,4
3,0	0,736	84,7	0,135	228	31,6
3,5	0,765	88,1	0,151	207	30,0
4,0	0,793	91,3	0,166	205	28,3
5,0	0,836	96,3	0,198	191	25,4
6,0	0,872	100,4	0,229	182	23,0
7,0	0,899	103,5	0,260	176	20,9
8,0	0,922	106,1	0,291	171	19,2
9,0	0,939	108,1	0,322	168	17,6
10	0,958	110,3	0,352	166	16,2
20	1,091	125,6	0,69	151,3	10,3
30	1,191	137,0	1,00	147,8	8,0
40	1,282	144,8	1,33	145,9	6,6
50	1,380	158,9	1,66	144,5	5,6
60	1,469	169,2	2,00	143,4	5,0
70	1,558	179,4	2,30	142,7	4,5
80	1,644	189,3	2,63	142,0	4,2
90	1,724	198,4	2,95	141,6	3,8
100	1,800	207,2	3,28	141,1	3,6
120	1,945	224,0	3,93	140,5	3,1
140	2,085	240,0	4,55	140,2	2,75
150	2,152	247,7	4,90	140,1	2,6
160	2,216	255,1	5,23	140,1	2,5
180	2,340	269,4	5,86	140,0	2,3
200	2,454	282,5	6,50	139,9	2,1
220	2,563	295,1	7,15	139,9	2,0
240	2,671	307,5	7,80	139,9	1,8
250	2,723	313,4	8,12	139,8	1,6

Додаток 10

Значення вторинних параметрів передачі кабелю ЗКПАШп - 1×4×1,2 за температури 20^0С

f, кГц	α, дБ/км	α, мНп/км	β, рад/км	$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом	-φ°
0,3	0,272	31,3	0,030	665	44,0
0,5	0,378	43,5	0,046	535	42,4
1,0	0,512	58,9	0,065	408	39,6
1,5	0,584	67,2	0,085	330	37,3
2,0	0,634	73,0	0,103	280	35,3
2,5	0,675	77,7	0,120	249	33,4
3,0	0,709	81,6	0,135	228	31,6
3,5	0,739	85,1	0,151	207	30,0
4,0	0,765	88,1	0,166	205	28,3
5,0	0,809	93,1	0,198	191	25,4
6,0	0,844	97,1	0,229	182	23,0
7,0	0,873	100,5	0,260	176	20,9
8,0	0,897	103,3	0,291	171	19,2
9,0	0,917	105,6	0,322	168	17,6
10	0,935	107,6	0,352	166	16,2
20	1,061	122,1	0,72	152,4	10,5
30	1,160	133,5	1,06	148,8	8,2
40	1,255	144,5	1,42	146,9	6,9
50	1,350	155,4	1,76	145,6	5,9
60	1,438	165,6	2,10	144,9	5,3
70	1,520	175,0	2,43	144,4	4,8
80	1,600	184,2	2,77	143,9	4,4
90	1,680	163,4	3,12	143,6	4,1
100	1,755	202,0	3,46	143,3	3,9
120	1,900	218,7	4,14	143,1	3,7
140	2,040	234,8	4,81	142,9	3,5
150	2,110	242,9	5,17	142,5	3,2
160	2,173	250,2	5,52	142,4	3,2
180	2,295	264,2	6,21	142,3	3,1
200	2,415	278,0	6,88	142,2	3,0
220	2,520	290,1	7,56	142,1	3,0
240	2,623	302,0	8,25	142,0	2,9
250	2,671	307,5	8,60	141,8	2,9

Додаток 11

Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 2,58/9,6 кабелів типу КМ-4 та КМ-8/6 за температури 20^0С

f, МГц	α, дБ/км	α, мНп/км	β, рад/км	$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом	-φ
0,01	0,326	40,70	0,25	80,5	6° 20′
0,02	0,390	48,70	0,49	79,1	4 40
0,03	0,457	57,10	0,71	78,6	3 50
0,04	0,508	63,50	0,93	78,1	3 20
0,05	0,553	69,10	1,15	77,8	3 10
0,06	0,596	74,50	1,38	77,5	3 00
0,08	0,737	83,60	1,83	77,1	2 30
0,10	0,800	92,10	2,31	76,8	2 20
0,20	1,099	126,56	4,58	76,1	1 40
0,30	1,353	155,81	6,85	75,7	1 20
0,40	1,568	180,50	9,10	75,5	1 10
0,50	1,755	202,00	11,36	75,4	1 00
0,60	1,922	221,33	13,60	75,3	0 50
0,70	2,076	238,99	15,86	75,2	0 50
0,80	2,218	255,31	18,12	75,1	0 50
0,90	2,351	270,62	20,37	75,0	0 40
1,00	2,477	285,14	22,60	75,0	0 40
1,10	2,597	298,97	24,86	75,0	0 40
1,20	2,712	312,19	27,09	74,9	0 40
1,30	2,822	324,88	29,34	74,9	0 40
1,40	2,928	337,12	31,58	74,8	0 30
1,50	3,031	348,93	33,82	74,8	0 30
1,80	3,318	382,02	40,56	74,7	0 30

Закінчення Додатку 11

Вторинні параметри передачі коаксіальних пар 2,58/9,6 кабелів типу КМ-4 та КМ-8/6 за температури 20^0С

f, МГц	α, дБ/км	α, мНп/км	β, рад/км	$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом
2,0	3,499	402,85	45,00	74,7
2,5	3,912	450,40	56,25	74,6
3,0	4,286	493,43	67,46	74,6
4,0	4,951	569,96	89,85	74,5
5,0	5,538	637,55	112,24	74,5
6,0	6,070	698,79	134,63	74,4
7,0	6,560	755,26	157,01	74,4
8,0	7,017	807,87	179,38	74,4
8,6	7,278	837,88	192,64	74,4
9,0	7,474	857,40	201,75	74,4
10,0	7,856	904,42	224,13	74,3
11,0	8,244	949,12	246,00	74,3
12,0	8,616	991,98	269,00	74,3
13,0	8,974	1033,13	291,00	74,3
14,0	9,318	1072,81	314,00	74,25
15,0	9,652	1111,16	336,00	74,25
16,0	9,974	1148,28	357,00	74,25
17,0	10,287	1184,32	381,00	74,25
18,0	10,584	1219,37	403,00	74,25
19,0	10,880	1253,53	426,00	74,25
20,0	11,169	1286,81	448,00	74,2
21,0	11,452	1319,32	470,00	74,2
22,0	11,727	1351,03	493,00	74,2
23,0	11,997	1382,21	515,00	74,2
24,0	12,262	1412,67	538,00	74,2
25,0	12,521	1442,50	560,00	74,2

Додаток 12

Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 1,2/4,6 кабелів типу МКТ-4 та КМ-8/6

Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 1,2/4,6 кабелів типу МКТ-4 та КМ-8/6 за температури 20^0С в діапазоні частот 0,30–60 кГц

***f*, кГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**$\lvert Z_{хв}\rvert$, Ом**	**-φ**
0,30	0,235	27	465	44° 00′
0,50	0,295	34	360	43 50
0,80	0,391	45	290	43 04
1,0	0,434	50	261	42 36
1,5	0,565	65	212	41 20
2,0	0,634	73	180	40 00
2,5	0,704	81	161	38 00
3,0	0,747	86	149	36 30
3,5	0,782	90	140	34 00
4,0	0,816	94	132	33 30
5,0	0,886	102	122	32 00
6,0	0,929	107	114	30 00
7,0	0,964	111	108	28 30
8,0	1,008	116	104	26 30
9,0	1,025	118	98	25 30
10,0	1,060	122	96	23 30
20,0	1,199	138	86	15 00
30,0	1,303	150	83	11 00
40,0	1,398	161	81,5	9 00
50,0	1,494	172	80,5	7 30
60,0	1,589	183	80	7 00

Закінчення Додатку 12

Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 1,2/4,6 кабелів типу МКТ-4 та КМ-8/6 за температури 20^0С в діапазоні частот 0,06 – 10 МГц

***f*, МГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**
0,06	1,589	183,00	1,50	80,0
0,10	1,898	218,52	2,47	79,0
0,15	2,220	255,62	3,67	78,0
0,20	2,501	287,95	4,86	77,4
0,25	2,749	316,50	6,00	77,0
0,30	2,974	342,43	7,17	76,7
0,40	3,378	388,96	9,50	76,2
0,50	3,755	432,32	11,85	75,9
0,70	4,443	511,53	16,45	75,4
0,90	5,056	582,11	21,10	75,1
1,00	5,342	615,00	23,4	75,0
1,10	5,610	645,86	25,70	74,8
1,20	5,865	675,23	28,00	74,7
1,30	6,105	702,81	30,40	74,6
1,50	6,551	754,19	35,10	74,4
2,00	7,545	868,61	46,8	74,0
2,50	8,428	970,35	58,50	73,8
3,00	9,429	1062,57	69,50	73,7
3,50	9,965	1147,29	81,20	73,6
4,00	10,652	1226,40	92,60	73,6
4,50	11,298	1300,69	109,80	73,5
5,00	11,908	1370,98	115,00	73,4
5,50	12,489	1437,80	126,00	73,3
6,00	13,047	1502,03	138,00	73,2
6,50	13,581	1563,61	149,50	73,2
7,00	14,097	1622,96	161,00	73,1
7,50	14,592	1680,00	172,20	73,1
8,00	15,074	1735,44	183,50	73,0
8,50	15,543	1789,38	196,50	72,9
9,00	15,996	1841,64	206,00	72,8
10,00	16,870	1942,18	229,00	72,7

Додаток 13

Значення вторинних параметрів передачі коаксіальних пар 2,14/9,7 кабелів типу ВКПАП за температури 20^0С

***f*, МГц**	**α, дБ/км**	**α, мНп/км**	**β, рад/км**	**$\|Z_{хв}\|$, Ом**	**-φ**
0,06	0,762	87,7	1,64	$2^0 45^/$	$2^0 45^/$
0,10	0,968	111,4	2,70	2 12	2 12
0,20	1,300	152,8	5,32	1 36	1 36
0,30	1,607	185,0	8,95	1 24	1 24
0,40	1,862	214,4	10,57	1 07	1 07
0,50	2,058	240,4	13,19	1 02	1 02
0,60	2,289	263,4	15,80	0 58	0 58
0,70	2,469	284,2	18,43	0 53	0 53
0,80	2,639	303,8	21,00	0 50	0 50
0,90	2,800	322,4	23,60	0 46	0 46
1,00	2,953	340,0	26,20	0 44	0 44
1,10	3,099	356,8	28,80	0 42	0 42
1,20	3,239	372,9	31,40	0 40	0 40
1,30	3,373	388,3	34,00	0 39	0 39
1,40	3,502	403,2	36,60	0 38	0 38
1,50	3,627	417,6	39,20	0 35	0 35