

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

*Кафедра «Автоматика та
телекомунікації»*

В авторській редакції

ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА І ЛІНІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Навчально-методичні рекомендації
до контрольної роботи

Електронне видання

ДНІПРО
2026

Упорядники:
Т.М. Сердюк,
В.І. Гаврилюк

Електронне видання

Схвалено Групами забезпечення якості освітньої програми
G7 (174) «Автоматика та автоматизація на транспорті»

J7 (273) «Системи керування рухом поїздів»

Протокол № 1 від 29.08.2024

Е 50 Електричні кола та лінії залізничної автоматики: навчально-методичні рекомендації до контрольної роботи / упоряд. Т.М. Сердюк, В.І. Гаврилюк; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2026. – 24 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами денної і дистанційної форм навчання спеціальностей 174 «Автоматизація, компютерно-інтегровані технології та робототехніка» і 273 «Залізничний транспорт» під час виконання контрольної роботи робіт з дисциплін «Електричні кола і лінії залізничної автоматики», «Електричні кола і лінії систем керування рухом поїздів».

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання контрольної роботи, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Загальні положення.....	4
Задача № 1	5
Задача № 2	9
Задача № 3	12
Задача № 4.....	16
Задача № 5.....	19
Бібліографічний список	22
Додаток.....	23

ВСТУП

На залізничному транспорті широко застосовуються пристрої автоматики і телемеханіки. Їхній технічний стан постійно удосконалюється, розширюються функції та сфера застосування, будуються нові пристрої, які дозволять підвищити надійність, безпеку руху поїздів та збільшити об'єм та швидкість перевезень [1 – 3].

Залізнична мережа України представляє собою величезну єдину систему, що працює за загальним планом. Робота цієї системи неможлива без широкого використання різноманітних видів зв'язку, організованих по повітряних, кабельних, радіо і радіорелейних лініях передачі.

Різнорізнотні пристрої автоматики і телемеханіки, що підвищують пропускну здатність перегонів, станцій і вузлів і забезпечують безпеку руху поїздів, розміщені не тільки на станціях, а й на перегонах. Для їх нормальної роботи потрібні різні лінійні споруди, по яких передається різноманітна інформація у вигляді сигналів телеуправління, телеконтролю та телесигналізації. Слід також враховувати, що електропостачання перегінних пристроїв автоматики і телемеханіки та інших лінійних споживачів на перегонах і малих станціях здійснюється за допомогою спеціальних високовольтних ліній. На ділянках з електротягою над рейками підвішують тягову мережу, що живить електровози [1, 2].

Тривале зростання протяжності залізниць з електротягою на змінному струмі, розвиток залізничних ліній автоблокування, поздовжнього електропостачання лінійних споживачів, високовольтних ліній електропередачі призводять до збільшення небезпечних зовнішніх електромагнітних впливів на кола і канали залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку і до необхідності розробок заходів боротьби з цими явищами [3 – 5].

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Контрольну роботу студенти виконують самостійно, засвоївши заздалегідь теоретичний матеріал курсу.

Завдання на контрольну роботу складається з п'яти задач. Варіант контрольної роботи вибирається за двома останніми цифрами навчального шифру студента. Якщо шифр має однозначне число, то за попередню цифру приймається 0.

Контрольна робота оформляється у рукописному або друкованому виді за допомогою обчислювальної техніки відповідно до ГОСТ 2.105-95 або [6]. Не

допускається використання листів, виконаних за допомогою ксерокса.

Рисунки, графіки та схеми виконуються на міліметровці відповідно до ГОСТ 2.749-84.

Необхідно надати список використаної літератури, на яку були зроблені посилання у ході виконання контрольної роботи. У кінці робота підписується виконавцем та вказується дата її завершення.

ЗАДАЧА № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПЕРВИННИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ВІД ЧАСТОТИ

Визначити залежність первинних параметрів довгих ліній від частоти з урахуванням поверхневого ефекту. За наслідками розрахунків побудувати графіки $R(f)$, $G(f)$, $C(f)$, $L(f)$. Вихідні дані вибираються за двома останніми цифрами шифру (табл. 1, 2). Вид лінії – двохпровідна.

Таблица 1

Матеріал і діаметр проводу

Варіант (остання цифра шифру)	Відстань між про-водами, мм	Матеріал і діаметр проводу	Варіант (остання цифра шифру)	Відстань між про-водами, мм	Матеріал і діаметр проводу
0	200	Мідний провід, $d = 4 \text{ мм}$	5	450	Алюмінієвий провід, $d = 5 \text{ мм}$
1	250	Алюмінієвий провід, $d = 4 \text{ мм}$	6	500	Сталевий провід, $d = 5 \text{ мм}$
2	300	Сталевий провід, $d = 4 \text{ мм}$	7	400	Мідний провід, $d = 6 \text{ мм}$
3	350	Сталевий провід, $d = 3 \text{ мм}$	8	250	Алюмінієвий провід, $d = 6 \text{ мм}$
4	400	Мідний провід, $d = 5 \text{ мм}$	9	300	Сталевий провід, $d = 6 \text{ мм}$

Вплив зовнішніх факторів на первинні параметри кола

Варіант (передостання цифра шифру)	$G_o \times 10^{-6}$, См/км		Частота сигналу, Гц	Варіант (передостання цифра шифру)	$G_o \times 10^{-6}$, См/км		Частота сигналу, Гц
		$n \times 10^{-9}$				$n \times 10^{-9}$	
0	0,01	0,05	50...50000	5	0,035	0,175	400...400000
1	0,015	0,075	50...500000	6	0,04	0,2	500...500000
2	0,02	0,1	100...100000	7	0,045	0,225	600...600000
3	0,025	0,125	200...200000	8	0,05	0,25	800...800000
4	0,03	0,15	300...300000	9	0,055	0,275	900...900000

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Поверхневий ефект. Із збільшенням частоти струму активний опір провідника зростає, а індуктивність зменшується. Це явище одержало назву *поверхневого ефекту* і пояснюється особливостями розповсюдження електромагнітної енергії вздовж провідників. На відміну від постійного струму, щільність розподілу якого однакова по всьому перетину провідника, щільність змінного струму найбільша у поверхні провідника і зменшується у напрямку до центру.

Для двохпровідних кіл характерні розрахунки первинних параметрів залежно від частоти.

Активний опір круглого однорідного проводу змінному струму

$$R = R_o [1 + F(x)], \quad (1)$$

де R_o – активний опір проводу постійному струму; $[1 + F(x)]$ – функція, що характеризує прояв поверхневого ефекту в лінії; x – коефіцієнт розповсюдження хвилі в проводі.

При $x < 10$, функція $[1 + F(x)]$ визначається по графіку, приведену в [1, с.49], при $x > 10$ за формулою $[1 + F(x)] = \frac{x\sqrt{2} - 3}{4}$.

Коефіцієнт розповсюдження хвилі в проводі визначається таким чином:

$$k = \sqrt{j\omega\mu\sigma} = (1 + j)\sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}, \quad (2)$$

де μ – магнітна проникливість середовища, σ – провідність середовища, $\text{См}\cdot\text{м}/\text{мм}^2$; ω – кутова частота, с^{-1} .

$$x = |k| \cdot r_0 = 0.5d\sqrt{\omega\mu\sigma}, \quad (3)$$

де r_0 – радіус проводу, мм.

R_o обчислюється за формулою

$$R_o = \frac{2550\rho}{d^2}, \quad (4)$$

де ρ – питомий опір матеріалу проводу, R_o $\text{Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$; d – діаметр проводу, мм.

У табл. 3 приведені електричні характеристики металів проводів.

Таблиця 3

Електричні характеристики металів проводів

Метал	σ , $\text{См}\cdot\text{м}/\text{мм}^2$	ρ , $\text{Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$	μ
Мідь	57	0,0175	1
Алюміній	34,36	0,0292	1
Сталь	7,23	0,138	100
Свинець	4,52	0,221	1

Індуктивність двохпроводного кола з однорідними круглими проводами визначається за формулою:

$$L = \left[4 \ln \frac{2a - d}{d} + \mu Q(x) \right] \cdot 10^{-4}, \quad (5)$$

де a – відстані між осями провідників, $Q(x)$ – коефіцієнт, який характеризує зменшення індуктивності кола внаслідок поверхневого ефекту [1, с. 49].

У формулі (5) доданок $4 \ln \frac{2a - d}{d} \cdot 10^{-4}$ є зовнішня індуктивність, пов'язана з магнітним полем, що лежить поза проводом, а другий доданок $\mu Q(x) \cdot 10^{-4}$ – внутрішня індуктивність, яка є пов'язаною з полем всередині проводу. Внутрішня індуктивність зменшується із зростанням поверхневого ефекту. Для кіл автоматики, телемеханіки та зв'язку $a \geq 200$ мм, а $d \leq 5$ мм.

Ємність двохпроводного повітряного кола визначається за формулою

$$C = 1,05\varepsilon_r \cdot 10^{-6} / \left(36 \ln \left(\frac{2a-d}{d} \right) \right), \quad (6)$$

Для повітряної лінії відносна діелектрична проникливість $\varepsilon_r = 1$. Облік впливу ізоляторів сусідніх проводів і землі вводиться коефіцієнтом 1,05.

Оскільки електричне поле круглого дроту не залежить від глибини розташування зарядів в ньому, поверхневий ефект впливу на ємність не оказує. Ємність дроту від частоти не залежить.

Провідність ізоляції обчислюється за емпіричною формулою

$$G = G_o + nf, \quad (7)$$

де G_o – провідність ізоляції при постійному струмі, См/км; n – коефіцієнт, який враховує підвищення провідності ізоляції із зростанням частоти і є еквівалентним збільшенню втрат в ізоляції. Він пропорційний ємності кола і тангенсу кута втрат ізоляції; f – частота змінного струму, Гц.

У	сиру	погоду	параметри	дорівнюють
$G_o = 0,05 \cdot 10^{-6}$	$Cm / км,$	$n = 0,25 \cdot 10^{-9},$	у	суху
$G_o = 0,01 \cdot 10^{-6}$	$Cm / км,$	$n = 0,05 \cdot 10^{-9}.$		погоду –

При ожеледі і паморозі ємність і провідність ізоляції збільшуються, оскільки вода має більш велику діелектричну постійну і високий коефіцієнт діелектричних втрат у порівнянні із снігом і ожеледдю.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАДАЧІ

1. Визначити активний опір круглого однорідного проводу постійному струму R_o за формулою (4).

2. Визначити коефіцієнти $k(f)$ і $x(f)$ за формулами (2) і (3). Розрахувати функцію $F(x)$. При $x < 10$, функцію $[1 + F(x)]$ визначити по графіку, приведеному в [1, с.49], при $x > 10$ функцію $[1 + F(x)]$ визначити за формулою

$$[1 + F(x)] = \frac{x\sqrt{2} - 3}{4}.$$

3. Визначити за формулою (4) залежність $R(f)$ і побудувати графік. Пояснити характер зміни функції.

4. Аналогічно за формулами (5 – 7) розрахувати дані для побудови залежностей $G(f)$, $C(f)$, $L(f)$. Пояснити характер зміни функцій.

5. Для побудови залежностей $R(f)$, $G(f)$, $C(f)$, $L(f)$ вибрати довільно 10 точок у вказаному діапазоні частот.

На графіках вказати ціну поділу, величину і одиниці вимірювання.

ЗАДАЧА № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПЕРВИННИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОХПРОВІДНИХ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ВІД ЧАСТОТИ

Визначення залежності первинних параметрів двохпровідних кабельних ліній від частоти. За результатами розрахунків побудувати графіки $R(f)$, $G(f)$, $C(f)$, $L(f)$. Вихідні дані обираються за двома останніми цифрами шифру студента (табл. 4 – 6).

Таблиця 4

Параметри кабельної лінії

Варіант (остання цифра шифру)	Діаметр повиву d_p , мм	Коефіцієнт χ	Матеріал жил кабелю	Варіант (остання цифра шифру)	Діаметр повиву d_p , мм	Коефіцієнт χ	Матеріал жил кабелю
0	30	1,01	мідь	5	80	1,07	сталь
1	40	1,016	алюміній	6	45	1,016	мідь
2	50	1,025	сталь	7	55	1,037	алюміній
3	60	1,037	мідь	8	65	1,05	сталь
4	70	1,05	алюміній	9	75	1,07	мідь

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Первинні параметри кабельних двохпровідних симетричних ліній визначають з урахуванням їх конструктивних особливостей, а саме: близькості сусідніх пар, екранів і металевої оболонки кабелю. Скручування жил додає кабелю гнучкість і збільшує завадостійкість, проте сприяє збільшенню довжини жил кабелю порівняно з довжиною самого кабелю і характеризується коефіцієнтом χ .

Активний опір кабельної пари при змінному струмі

$$R = R_0 \left[1 + F(x) + \frac{pG(x) \left(\frac{d}{a}\right)^2}{1 - H(x) \left(\frac{d}{a}\right)^2} \right] + \Delta R, \quad (8)$$

де R_0 – активний опір кабельної пари постійному струму; $G(x)$, $H(x)$ – пара-

метри, які враховують збільшення опору за рахунок ефекту близькості жил пари; a – відстань між кабельними лініями, мм; p – коефіцієнт, що характеризує ефект близькості з сусідніми жилами; ΔR – додатковий опір в результаті втрат енергії на вихрові струми в жилах сусідніх четвірок і в металевій оболонці кабелю. Враховується при частотах більших за 30 кГц, [1, с. 52].

Таблиця 5

Параметри кабельної лінії

Варіант (передостання цифра шифру)	Діаметр жили, мм	Частота, Гц	Вид скручування жил кабелю	Варіант (передостання цифра шифру)	Діаметр жили, мм	Частота, Гц	Вид скручування жил кабелю
0	0,5	50...50000	парна	5	0,8	0...200000	зоряна
1	0,6	50...10000	подвійна парна	6	0,9	100...100000	парна
2	1,0	50...30000	зоряна	7	0,4	0...10000	подвійна парна
3	1,2	50...50000	зоряна	8	1,5	0...30000	зоряна
4	0,7	0...100000	подвійна парна	9	2,5	0...90000	парна

Таблиця 6

Відстань між проводами

Варіант (остання цифра шифру)	Вид ізоляції / діелектрична проникність ϵ_r	Варіант (остання цифра шифру)	Вид ізоляції / діелектрична проникність ϵ_r	Варіант (остання цифра шифру)	Вид ізоляції / діелектрична проникність ϵ_r
0	Легко-паперова / 1,5...1,6	3	Кордельно-стірофлексна / 1,3...1,4	6, 9	Поліетиленова балонна / 1,2...1,3
1	Паперова / 1,6...1,7	4	Поліетиленова суцільна / 1,9...2,1	7	Полівінілхлорідна / 4...6
2	Кордельно-паперова / 1,3...1,4	5	Поліетиленова пориста / 1,4...1,5	8	Поліетиленова суцільна / 1,9...2,1

Приймаємо при парному скручуванні $p = 1$, при подвійному парному

скручуванні $p = 2$, при зоряному скручуванні $p = 5$.

Відстань між проводами дорівнює

$$a = 200 + d_i. \quad (9)$$

$$R_o = \frac{2250 \cdot \rho}{d^2} \chi, \quad (10)$$

де d – діаметр жили кабельної лінії, мм; χ – коефіцієнт укучування.

Індуктивність двохпровідного кабельного кола

$$L = \chi \left[4 \ln \frac{2a - d}{d} + \mu Q(x) \right] \cdot 10^{-4}. \quad (11)$$

Ємність кабельного кола з урахуванням впливу сусідніх жил і оболонки кабелю на електричне поле

$$C_p = \frac{\chi \varepsilon_p \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left(\frac{2a - d}{d} \psi \right)}, \quad (12)$$

Де ε_p – відносна діелектрична проникливість ізоляції кабелю, який залежить від виду ізоляції; ψ – коефіцієнт, що враховує збільшення ємності за рахунок близько розташованих сусідніх жил, оболонки екрану або екрану, [1, табл. 2.3, с. 53].

Провідність ізоляції кабелю

$$G = \omega \cdot C_p \cdot \operatorname{tg}(\delta_p), \quad (13)$$

де $\operatorname{tg}(\delta_p)$ – результуючий тангенс кута діелектричних втрат.

$\operatorname{tg}(\delta_p)$ залежить від виду ізоляції і частоти сигналу в лінії. Так, для паперової і легко-паперової ізоляції $\operatorname{tg}(\delta_p) = 1 \dots 10 \cdot 10^{-4}$, для кордельно-паперової ізоляції $\operatorname{tg}(\delta_p) = 55 \dots 180 \cdot 10^{-4}$, кордельно-стірофлексної $\operatorname{tg}(\delta_p) = 3 \dots 20 \cdot 10^{-4}$, поліетиленової $\operatorname{tg}(\delta_p) = 2 \dots 20 \cdot 10^{-4}$ при частотах $f = 10000 \dots 500000$ Гц, полівінілхлоридної $\operatorname{tg}(\delta_p) = 120 \dots 150 \cdot 10^{-4}$ при частотах $f = 10000 \dots 100000$ Гц.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАДАЧІ

1. Визначити відстань між проводами a за формулою (9).
2. Розрахувати активний опір кабельної пари постійному струму R_o за

формулою (10).

3. Визначити коефіцієнти $k(f)$ і $x(f)$ за формулами (2) і (3) і розрахувати функцію $F(x)$. При $x < 10$, функцію $[1 + F(x)]$ визначити за допомогою графіку, приведену в [1, с.49], при $x > 10$ функцію $[1 + F(x)]$ – за формулою $[1 + F(x)] = \frac{x\sqrt{2} - 3}{4}$.

4. Визначити за формулою (8) залежність $R(f)$ і побудувати графік. Пояснити характер зміни функції.

5. За формулами (11 – 13) розрахувати дані для побудови залежностей $G(f)$, $C(f)$, $L(f)$. Пояснити характер зміни функцій.

6. Для побудови залежностей $R(f)$, $G(f)$, $C(f)$, $L(f)$ вибрати довільно 10 точок у вказаному діапазоні частот. На графіках вказати ціну поділу, величину і одиниці вимірювання.

ЗАДАЧА № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО І МАГНІТНОГО ВПЛИВУ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ НА ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ

Визначити ЕРС в проводі повітряної лінії зв'язку, яка проходить паралельно контактній мережі ділянки з електротягою змінного струму, обумовлену її магнітним і електричним впливами. Вихідні дані представлені в табл. 7. Варіант обирається за останньою цифрою шифру студента.

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

З електротехніки відомо, що навколо кожного провідника (наприклад, контактна мережа або лінія електропередач), по якому протікає змінний струм частотою f , виникає змінне магнітне поле тієї ж частоти. Якщо в це поле помістити інший провідник (наприклад, лінію зв'язку), то за законом електромагнітної індукції в ньому виникне змінна ЕРС, що відстає від струму, який протікає в провіднику, на кут 90° .

При цьому подовжню ЕРС, виникаючу в лінії зв'язку можна визначити за формулою

$$E_M = 0,5 \omega M I_K l, \quad (14)$$

де ω – кругова частота струму який впливає; $\omega = 2\pi f$, $f = 50$ Гц; M – взаємна індуктивність між проводами, Гн/км.

Вихідні дані для розрахунку електричного і магнітного впливу контактної мережі змінного струму на повітряну лінію зв'язку

Варіант	Ширина зближення a , м	Провідність землі $\sigma \times 10^{-3}$, См/м	Струм в контактній мережі I_k , А	Довжина зближення l , км	Висота підвісу лінії зв'язку c , м	Кількість заземлених проводів на лінії зв'язку m
0	55	0,1	250	15	2,5	2
1	150	0,2	350	12	3,0	3
2	75	0,5	450	10	3,5	2
3	65	2	150	11	4,0	3
4	455	60	285	9	4,5	2
5	205	100	455	8	5,0	3
6	225	150	360	4	5,5	2
7	550	200	320	7	3,0	3
8	1000	300	450	18	4,0	2
9	850	400	420	20	5,0	3

Проводом, який оказує вплив є контактна мережа, а проводом, на який оказується вплив, є повітряна лінія зв'язку. Визначається M у відповідності вихідними даними і номограмою, яка представлена на рис. 1; I_k – струм у провіднику, який оказує вплив (контактна мережа), А; l – довжина зближення, км; 0,5 – коефіцієнт, що враховує екрануючий ефект рейок.

Величину взаємної ємності між проводом повітряної лінії зв'язку і контактною мережею визначається з наступного виразу:

$$C_{к.с.-л.зв.} = 4,2 \cdot 10^{-9} \frac{b \cdot c}{(m+2)(a^2 + b^2 + c^2)}, \quad (15)$$

де a – відстань між лініями (по горизонталі), м; b – висота підвісу контактної мережі над землею, м; орієнтовно – 7 м; \tilde{h} – висота підвісу лінії зв'язку над землею, м; m – кількість заземлених проводів на лінії зв'язку (рис. 2).

Величина потенціалу, який індукується в лінії зв'язку, визначається за законом електричної індукції

$$U_e = U_{к.м.} \frac{C_{к.м.-л.зв.}}{C_0}, \quad (16)$$

де $U_{к.м.}$ – номінальна напруга в контактній мережі змінного струму, $U_{к.м.} = 25$ кВ; C_0 – ємність між проводом повітряної лінії зв'язку і землею, $C_0 = 6$ нФ/км.

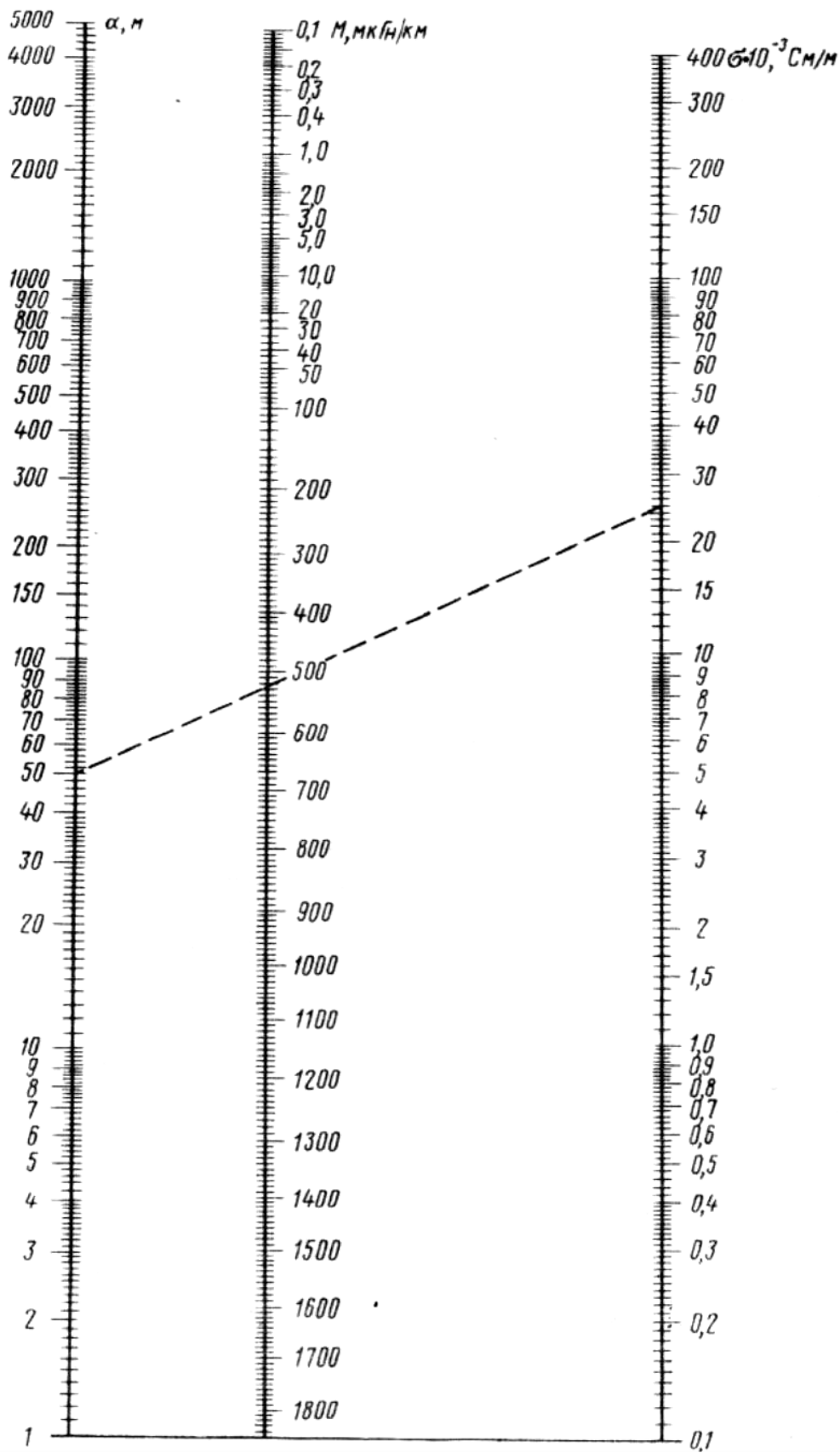


Рис.1. Номограма для визначення взаємної індуктивності між однопровідними колами при частоті 50 Гц

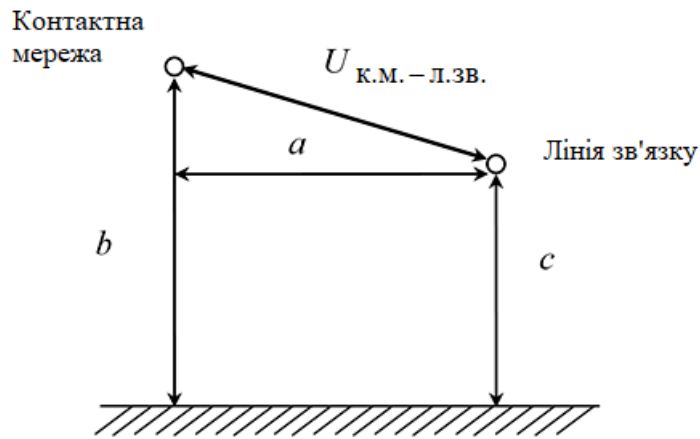


Рис.2. Розрахункова схема для визначення ємності між проводами

За результатами розрахунку визначається вид впливу контактної мережі змінного струму на повітряну лінію зв'язку (небезпечний або заважаючий).

Норми небезпечних впливів встановлені з таким розрахунком, щоб була гарантована безпека осіб, обслуговуючих пристрої автоматики, телемеханіки і зв'язку і тих, які користуються ними, для усунення можливості виникнення пошкоджень пристроїв автоматики, телемеханіки і зв'язку (пробій ізоляції жил кабелів, пошкодження апаратури, включеної в кола зв'язку).

Відповідно до встановлених норм напруга, яка індукується в проводах (кабелях) лініях зв'язку, не повинна перевищувати 60 В – в повітряних лініях зв'язку з дерев'яними опорами, 36 В – повітряних лініях зв'язку із залізобетонними опорами кабельних ліній при роботі системи тягового електропостачання в нормальному і вимушеному режимах. Вимушений режим роботи – це такий режим роботи тягової підстанції, коли одна з підстанцій вимкнена і її навантаження забезпечує одна або дві суміжні з нею підстанції.

Засобом захисту ліній зв'язку від небезпечних і заважаючих впливів є заміна повітряних ліній на кабельні з високою захисною дією кабельної оболонки. Якщо при заміні повітряної лінії кабельною, ЕРС, яка індукується в жилах кабелю, перевищує норму, то пристрої підключаються через ізолюючий трансформатор.

Також для захисту кіл зв'язку використовують розподільчі трансформатори, лінії зв'язку відносять на більш значну відстань від залізничного полотна, зменшують довжину зближення ділянок лінії зв'язку із залізницею, включають резонансні контури.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАДАЧІ

1. Представити розрахункову схему для визначення магнітного впливу контактної мережі на лінію зв'язку.
2. Визначити подовжню ЕРС, яка виникає в лінії зв'язку, за формулою (14).
3. Визначити величину взаємної ємності між проводом повітряної лінії зв'язку і контактною мережею за формулою (15).
4. Визначити величину потенціалу, який виникає в лінії зв'язку, за формулою (16).
5. За результатами розрахунку встановити вид впливу контактної мережі змінного струму на повітряну лінію зв'язку (небезпечний або заважаючий).

ЗАДАЧА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ВТОРИННИХ ПАРАМЕТРІВ ЛІНІЇ З РОЗПОВСЮДЖЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Обчислити вторинні параметри довгої лінії, визначити її вид і побудувати графіки зміни напруги і струму вздовж лінії. Вихідні дані обрати за двома останніми цифрами шифру студента (табл. 8–11).

Таблиця 8

Вихідні дані для вибору типу лінії (обирається за останньою цифрою шифру)

Варіант	Вид лінії	Варіант	Вид лінії
0	Кабельна мідна	5	Повітряна сталева
1	Повітряна мідна	6	Кабельна мідна
2	Кабельна мідна	7	Повітряна сталева
3	Повітряна сталева	8	Кабельна мідна
4	Повітряна мідна	9	Повітряна сталева

Таблиця 9

Вихідні дані для вибору частоти струму в лінії (обирається за передостанньою цифрою шифру)

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота, кГц	2	5	10	20	40	40	20	10	5	2

Таблиця 10

**Первинні параметри ліній (сталева і мідна повітряні лінії діаметром $d=4$ мм,
кабельна мідна лінія – $d=2$ мм)**

Вид лінії і первинні параметри		Частота, кГц				
		2	5	10	20	40
Активний опір r , Ом/км	Кабельна мідна	32,1	33,25	34,55	37,7	44,9
	Повітряна сталева	68,4	96,4	134,2	187,7	255
	Повітряна мідна	3,02	3,72	4,98	6,74	9,1
Індуктивність L , мГн/км	Кабельна мідна	0,824	0,824	0,823	0,821	0,815
	Повітряна сталева	6,5	5,0	3,86	3,2	2,8
	Повітряна мідна	1,936	1,934	1,92	1,881	1,868
Провідність ізоляції лінії, мкСм/км	Кабельна мідна	1,5	4,1	9,0	20,8	51,5
	Повітряна сталева	1,0	1,75	3,0	5,5	11,5
	Повітряна мідна	1,0	1,75	3,0	5,5	11,5
Ємність C , нФ/км	Кабельна мідна	26,5				
	Повітряна сталева	6				
	Повітряна мідна	6				

Таблиця 11

Вихідні дані для вибору довжини лінії

Вид лінії	Довжина лінії (км)									
	відповідно до варіанту (передостання цифра шифру)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кабельна мідна	2	3	4	5	7	6	10	2.5	4.5	6.6
Повітряна сталева	12	18	22	26	24	25	23	27	35	30
Повітряна мідна	80	50	70	40	60	56	44	26	75	62

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

При вирішенні таких завдань, як визначення дальності передачі, оцінка скривлення сигналів, узгодження ліній із навантаженням і генератором і т. п. зручно користуватися хвильовими (вторинними) параметрами цепів: хвильовим опором

$$Z_{\dot{a}} = \sqrt{\frac{r + j \cdot \omega \cdot L}{g + j \cdot \omega \cdot C}} \text{ (Ом)}, \quad (17)$$

й кілометричним коефіцієнтом розповсюдження хвилі

$$\gamma = \sqrt{(r + j \cdot \omega \cdot L) \cdot (g + j \cdot \omega \cdot C)} = \alpha + j\beta \text{ (1/км)}. \quad (18)$$

де ω – кутова частота, $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \tilde{n}^{-1}$; α – кілометричний коефіцієнт затування, 1/км; β – кілометричний коефіцієнт фази.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАДАЧІ

1. Привести схему заміщення однопровідної лінії.
2. Вказати первинні параметри заданої лінії.
3. Дати визначення і обчислити вторинні параметри лінії за формулами (17) і (18)

4. Визначити вид лінії:

- електрично коротка (довга) лінія;
- лінія з втратами (без втрат);
- фізична (штучна) лінія;
- однорідна (неоднорідна) лінія.

5. Обчислити швидкість розповсюдження хвилі (фазову швидкість) за формулою $v = \frac{\omega}{\beta} = \sqrt{\frac{1}{LC}}$.

6. Визначити зміну напруги і струм вздовж лінії. За результатами розрахунків побудувати графіки зміни напруги $|U|(x)$ і струму $|I|(x)$. Результати розрахунків представити в табл. 12. Приклад розрахунку привести для одного значення x .

$$|U(x)| = |U(0)| \cdot e^{-\alpha \cdot x}, \quad |I(x)| = |I(0)| \cdot e^{-\alpha \cdot x},$$

де $|U(0)|$ і $|I(0)|$ – значення напруги і струму на початку лінії відповідно.

Прийняти при розрахунках $|U(0)| = 220 \text{ В}$, $|I(0)| = 25 \text{ А}$.

Результати розрахунків зміни напруги і струму уздовж лінії

x , км	0	$l/10$...	l
$ I(x) $, А			...	
$ U(x) $, В			...	

ЗАДАЧА № 5

ОПИС І ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДІВ КАБЕЛІВ

Дати опис кабелю, заданого у відповідності із останньою цифрою шифру. Привести його основні характеристики (табл. 13).

Вихідні дані для виконання завдання

Варіант (остання цифра шифру)	Вид кабелю	Варіант (остання цифра шифру)	Вид кабелю
0	Сигнально-блокувальні кабелі	5	Низькочастотні кабелі місцевого зв'язку
1	Силові кабелі	6	Волоконно-оптичні кабелі
2	Контрольні кабелі	7	Конструкція кабелів
3	Кабелі багатоканального зв'язку	8	Кабелі з поліетиленовою ізоляцією в пластмасових оболонках (ПЕ і ПВХ)
4	Низькочастотні кабелі багатоканального зв'язку	9	Захисні оболонки і покриття кабелів. Види ізоляції

КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Кабелі, проводи й шнури є електричними виробами, призначеними для передачі електричної енергії, електричних або світлових сигналів інформації.

Кабель – це електричне виріб, що складається з однієї або кількох ізольованих жил (провідників), ув'язнених у металеву або неметалеву оболонку, поверх якої може бути застосований захисний покрив.

Провід складається з однієї неізольованої жили, виготовленої з однієї або декількох скручених проводів або з однієї або більше ізольованих жил, які можуть бути укладені в легку неметалевий оболонку з обмоткою і обпліткою або тільки обпліткою волокнистими матеріалами і проводом.

Шнур – це провід з ізольованими жилами підвищеної гнучкості; призначено, як правило, для з'єднання нерухомих пристроїв з рухомими або рухомих між собою.

Кабелі, проводи й шнури містять струмопровідні жили або оптичні волокна, ізоляцію, екран, оболонку і зовнішні покриття.

Кабельні лінії та мережі зв'язку, автоматики і телемеханіки, які застосовуються на залізничному транспорті, за сферою застосування поділяються на: лінії далекого зв'язку, які прокладаються вздовж залізниць між мережевими вузлами і мережними станціями різного рівня для організації на їх основі первинних мереж магістрального, дорожнього і відділенського зв'язку; лінії станційної провідного зв'язку, які прокладаються, як правило, в межах залізничних станцій і вузлів для організації лінії місцевого загальнотехнологічного зв'язку (абонентські і з'єднувальні лінії); лінії станційного розпорядчого та стрілочного зв'язку; лінії вторинної комутації відділенського оперативно-технологічного зв'язку; лінії двостороннього паркового зв'язку гучномовного оповіщення; лінії абонентських ділянок інформаційно-обчислювальних мереж передачі даних.

Кабельні лінії та мережі автоматики і телемеханіки поділяються на лінії та мережі автоблокування й електричної централізації. Кабельні мережі автоблокування включають в себе станційну і перегінну мережі, до них відносяться також кабельні вставки високовольтно-сигнальної лінії ВЛ СЦБ.

За умовами застосування кабелі зв'язку класифікуються на підземні (у тому числі в кабельній каналізації, трубах, колекторах, тунелях); підводні (річкові, морські); підвісні (на опорах контактної мережі та високовольтних ліній автоблокування, на опорах ЛЕП, на фермах мостів і т. ін.); на ті, що прокладаються в жолобах (лотках) і трубах, що укладаються по поверхні ґрунту, із заглибленням у ґрунті або по мостах і шляхопроводах.

За спектром переданих частот кабелі зв'язку діляться на низькочастотні (тональні) і високочастотні (від 12 кГц і вище). За конструкцією і взаємним розташуванням провідників кіл кабелі поділяються на симетричні і коаксіальні. Симетричне коло складається з двох абсолютно однакових в електричному та конструктивному відношенні ізольованих провідників. Коаксіальне коло являє собою два циліндри з сумісною віссю, при чому один циліндр – (суцільний провідник) концентрично розташований усередині іншого циліндра – полого.

Крім того, кабелі розрізняються: за складом елементів які входять – однорідні і комбіновані; за матеріалом і структурою ізоляції – з повітряно-паперовою, кордельно-паперовою, кордельно-стірофлексною (полістирольною), суцільною поліетиленовою, пористо-поліетиленовою, балонно-поліетиленовою, шайбовою поліетиленовою, фторопластною та іншої ізоляцією; за видом скрутки ізольованих провідників у групи – парна та четверна (зоряна), біля осердя – з повивним і пучковим зкручуванням.

Кабелі діляться за виду оболонок: металеві (свинець, алюміній, сталь), пластмасові (поліетилен, полівінілхлорид), металопластмасові (альпет, стальпет), а також за видом захисних покривів (стрічкова або дротяна броня, джутовий або пластмасовий покрив).

За величиною напруги, що може бути подана, кабелі діляться на кабелі до 1000 В і вище. Існують сигнально-блокувальні кабелі, призначені для роботи номінальною змінною напругою 380 В і постійною 700 В; контрольні кабелі, розраховані на змінну напругу до 660 В і постійну до 1000 В; силові кабелі для передачі і розподілу електричної енергії від 660 В змінної й до 500 кВ постійної напруги.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАДАЧІ

1. Дати опис кабелю.
2. Привести основні характеристики кабелю.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гаврилюк, В. І. Електроживлення систем залізничної автоматики, телемеханіки та зв'язку [Текст]: монографія / В. І. Гаврилюк, В. Г. Сиченко, Т. М. Сердюк; за заг. ред. В. І. Гаврилюка; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2016. – 193 с.
2. Теоретичні основи електротехніки. У 3-х т. : підручник для вузів. Т.1 / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. - Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2006. - 336 с.
3. Електричні кола і лінії залізничної автоматики: метод. вказівки до виконання контрольної роботи / Т. М. Сердюк, Бондаренко Б.М.. - Дніпро: Вид-во УДУНТ, 2014. - 22 с.
4. Лінії залізничної автоматики : методичні вказівки до виконання практичних робіт; для студентів спец. "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" та "Залізничний транспорт" денної та заочної форм навчання / Т. М.Сердюк, В. І. Гаврилюк. - Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2017. - 31 с.
5. Сердюк Т.М. Електричні кола залізничної автоматики. [Електрон. ресурс]: Дистанційний курс навчання. – Дніпро: ДНУЗТ, 2022. – Режим доступу: <https://lider.ust.edu.ua/course/view.php?id=314>
6. Малишев, Ю. В. Методичні рекомендації до дипломного проектування [Текст]/ Ю. В. Малишев, Е. М. Губенко. – Д.: Дніпропетр. нац ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2002. – 33 с.

Зразок титульного листа контрольної роботи

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Кафедра АТ

Контрольна робота
з дисципліни «Електричні кола і лінії залізничної автоматики»

Виконав: студент групи _____
шифр _____

(Прізвище студента)

Перевірив: посада викладача

(Прізвище викладача)

Дніпро 2026

Навчально-методичне видання

**Сердюк Тетяна Миколаївна,
Гаврилюк Володимир Ілліч**

**ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА І ЛІНІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ
АВТОМАТИКИ**

Навчально-методичні рекомендації до контрольної роботи

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, проф. Володимир Профатилев

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 793 від 13.11.2024)

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка Т.М. Сердюк

Формат 60x84 ^{1/16}. Ум. друк. арк. 1,39. Обл.-вид. арк. 1,41.
Зам. № 17

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 1201, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010