

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Факультет електроенерготехніки та автоматики



Кафедра теоретичної електротехніки

Лабораторна робота №51

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОРІДНОЇ ДОВГОЇ ЛІНІЇ БЕЗ ВТРАТ

Посилання на відео: <https://youtu.be/eLxu1diDpZU>

Для електричного кола з розподіленими параметрами (**довга лінія**) характерно те, що геометрична довжина цього кола співмірна з довжиною хвилі коливань електромагнітної енергії, яка передається уздовж кола. Тому **струм (напруга) для одного моменту часу у різних точках лінії буде неоднаковим**, тобто буде функцією двох змінних – часу t та координати x , що вимірюється уздовж лінії. *Методи розрахунку кіл з зосередженими параметрами виявляються неприйнятними, оскільки процеси, що виникають в колах з розподіленими параметрами, описуються рівняннями в частинних похідних.*

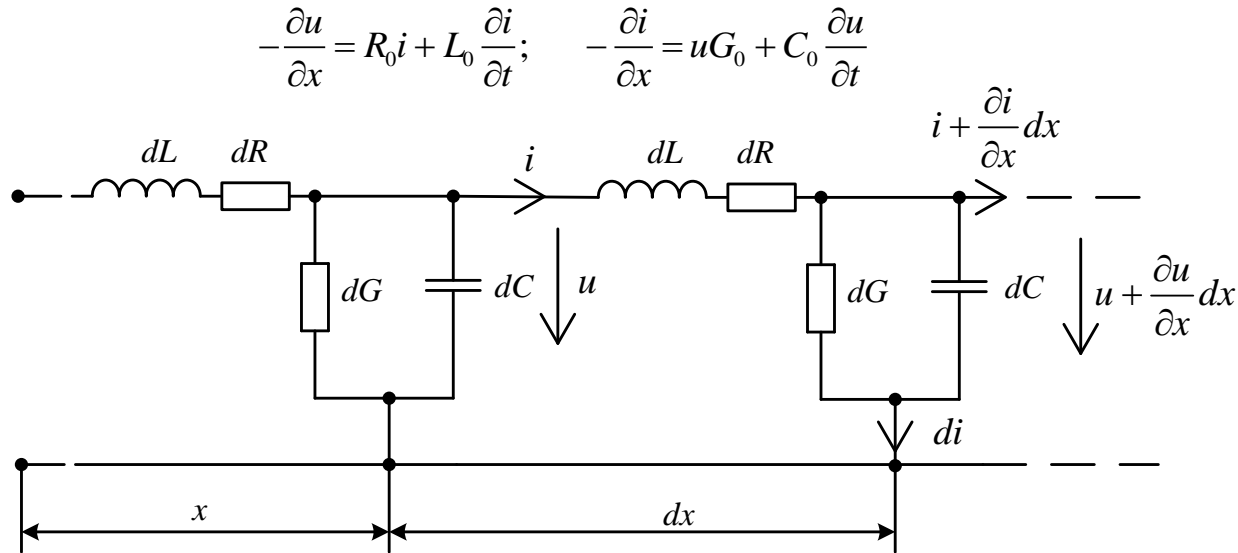


Рис. 1 Схема заміщення однорідної двопровідної лінії

Лінію, у якій відсутні втрати енергії називають **лінією без втрат** ($R_0=0, G_0=0$). Лінію без втрат можна розглядати як ідеалізацію дійсної лінії. Така ідеалізація не вносить помітних кількісних похибок і дозволяє виявити якісні особливості процесів, які спостерігаються в лінії.

У однорідній лінії усі параметри (R_0, G_0, L_0, C_0) однакові вздовж усієї довжини лінії.



Мета роботи

Ознайомлення з хвильовими процесами в однорідних довгих лініях без втрат в усталених синусоїдних режимах.

Визначення розподілу діючих значень напруги вздовж лінії у режимах розімкненого і короткозамкненого кола, а також при навантаженні на реактивний та активний опори.

Дослідження режиму узгодженого навантаження.

Підготовка до роботи

Готуючись до роботи, необхідно вивчити рекомендовану літературу, ознайомитися з методичними вказівками, описом лабораторної установки, робочим завданням, підготувати протокол звіту.

Підготовку звітнього протоколу встановленого зразка, в якому мають бути: а) титульний лист; б) мета роботи; в) хід роботи; г) розрахункові формули, які використовуються при виконанні робочого завдання; д) висновки за експериментальними даними та графіками.

На наступному лабораторному занятті студент зобов'язаний подати викладачу до захисту повністю оформлений звіт попередньої лабораторної роботи та пред'явити підготовлений протокол для виконання чергової роботи. Студент, який не оформив або не захистив дві лабораторні роботи, відсторонюється від наступного лабораторного заняття. Його участь у подальших лабораторних заняттях можлива лише за умови ліквідації заборгованості.

Опис лабораторної установки

Лабораторний стенд для експериментального дослідження складається з: *високочастотного генератора, однорідної лінії, вимірювального пристрою, набору ємнісних і резистивних елементів навантажень.*

Генератор високочастотних коливань, що виробляє синусоїдну напругу стабільної частоти, за допомогою витка зв'язку підімкнений до досліджуваної повітряної двопровідної лінії.



Рис. 2 Вимірювальний пристрій та високочастотний генератор



Рис. 3 Навантаження для довгої лінії

Поруч із лінією закріплена лінійка, призначена для виміру відстані між кінцем лінії і точкою, у якій здійснюється вимірювання.

Вимірювальний пристрій – це чверть хвильовий відрізок лінії, замкнений на індикатор, покази якого пропорційні діючому значенню напруги в досліджуваній точці лінії. Вимірювальний пристрій переміщується вздовж лінії за допомогою механічної передачі.



Рис. 4 Загальний вигляд стенду

Порядок виконання роботи

1. Виміряти геометричні розміри лінії:

довжину $l=2\text{ м}$,
відстань між проводами $D=0.02\text{ м}$,
діаметр проводів $d=0.006\text{ м}$.

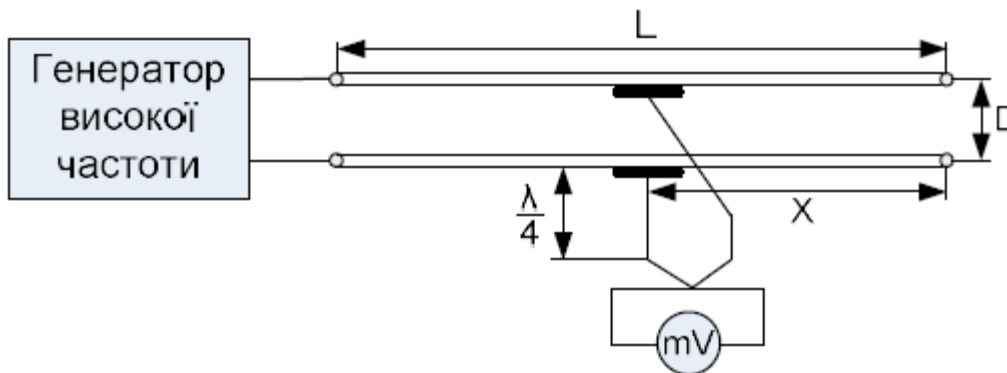
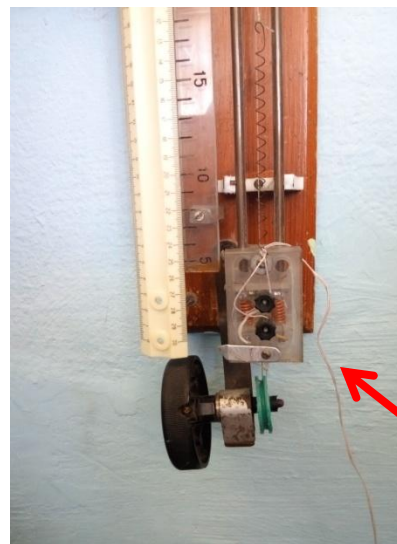


Рис. 5 Структурна схема стенду

2. Увімкнути генератор високої частоти і за допомогою вимірювального пристрою зняти розподіл напруги уздовж лінії починаючи з кінця.



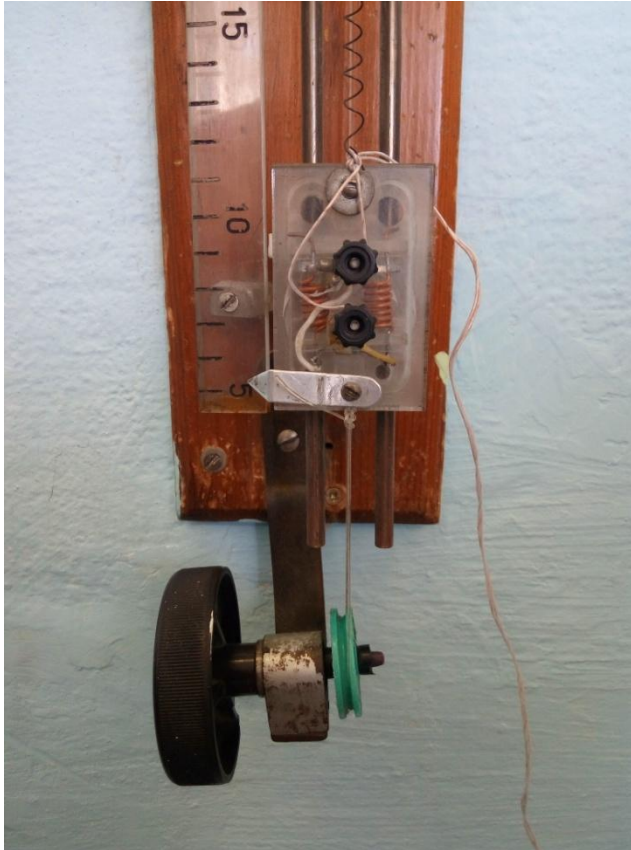
2.а. Дослід неробочого ходу

Виміри проводимо, рухаючись від кінця лінії до її початку через кожні 5 см, фіксуючи при цьому положення вузлів і видугів (мінімумів і максимумів) у проміжних точках.

Отримані результати вимірів занести в таблицю 1.

За координатами **вузлів напруги** визначити довжину електромагнітної хвилі λ , з огляду на те, що відстань між двома сусідніми вузлами (абовидугами) дорівнює $\lambda/2$.

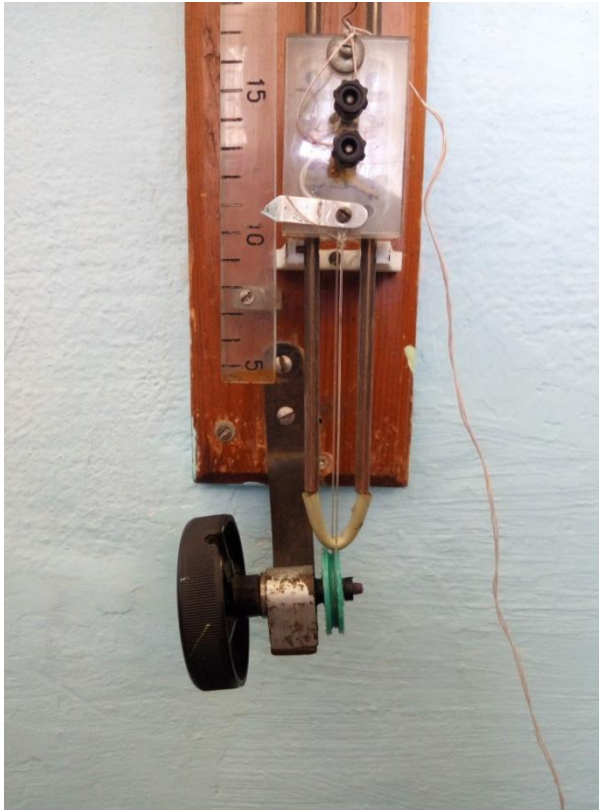
$$\lambda/2 = 1.05 - 0.35 = 0.7 \text{ м}$$



X (cm)	ZZ= ∞
0	170
5	175
10	150
15	120
20	80
25	65
30	25
35	0
40	10
45	45
50	90
55	130
60	160
65	175
70	170
75	160
80	140
85	115
90	85
95	50
100	20
105	0
110	25
115	65
120	100
125	145
130	155
135	175
140	160
145	140
150	135
155	110
160	70

2.6. Дослід короткого замикання

Виміри проводимо, рухаючись від кінця лінії до її початку через кожні 5 см, фіксуємо при цьому положення вузлів і видугів (мінімумів і максимумів) у проміжних точках.



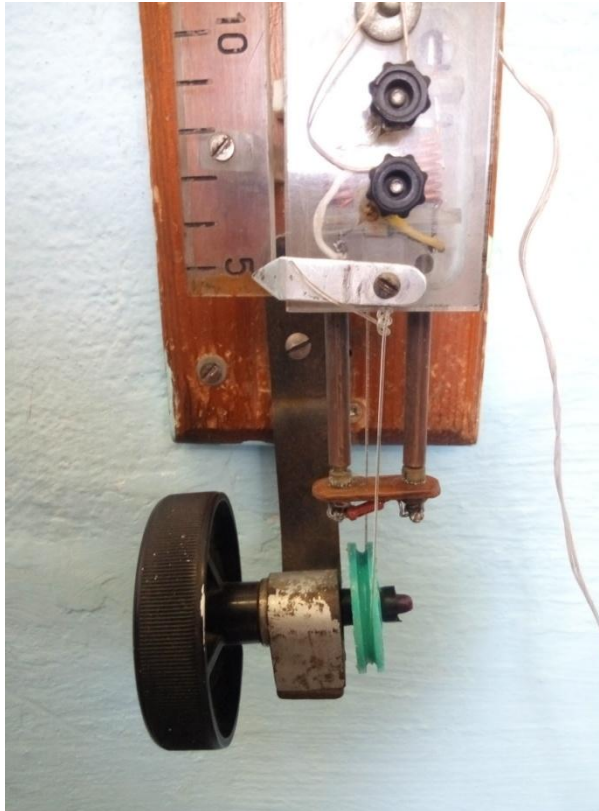
Отримані результати вимірів занести в таблицю 1.

X (cm)	Zz=0
0	0
5	30
10	65
15	100
20	125
25	130
30	135
35	130
40	120
45	100
50	80
55	50
60	20
65	0
70	10
75	40
80	75
85	105
90	125
95	135
100	140
105	130
110	115
115	100
120	60
125	30
130	0
135	5
140	35
145	70
150	95
155	120
160	135

3.а. Ввімкнути в кінці лінії активний опір, що дорівнює хвильовому опорю лінії і зняти розподіл діючого значення напруги вздовж лінії:

$$\underline{Z}_2 = Z_C$$

Виміри проводимо, рухаючись від кінця лінії до її початку через кожні 5 см, фіксуючи при цьому положення вузлів і видугів (мінімумів і максимумів) у проміжних точках.



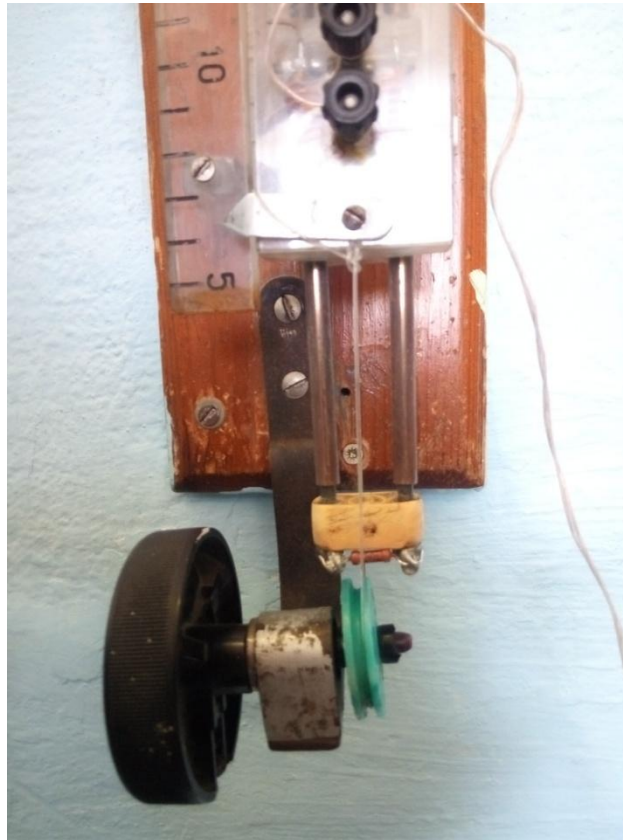
Отримані результати вимірів занести в таблицю 1.

X (см)	Z2=Zc
0	75
5	75
10	74
15	75
20	75
25	75
30	75
35	80
40	75
45	80
50	80
55	75
60	75
65	75
70	70
75	70
80	70
85	70
90	75
95	75
100	75
105	75
110	80
115	75
120	80
125	80
130	75
135	75
140	75
145	75
150	75
155	75
160	85

3.6. Ввімкнути в кінці лінії активний опір, що не дорівнює хвильовому опорю лінії і зняти розподіл діючого значення напруги вздовж лінії:

$$\underline{Z}_2 = R \neq Z_c$$

Виміри проводимо, рухаючись від кінця лінії до її початку через кожні 5 см, фіксуючи при цьому положення вузлів і видугів (мінімумів і максимумів) у проміжних точках.



Отримані результати вимірів занести в таблицю 1.

X (cm)	Z ₂ =R
0	200
5	195
10	160
15	130
20	95
25	60
30	40
35	30
40	25
45	75
50	130
55	165
60	200
65	195
70	160
75	125
80	90
85	60
90	30
95	25
100	45
105	75
110	125
115	160
120	195
125	200
130	205
135	175
140	135
145	100
150	60
155	35
160	30

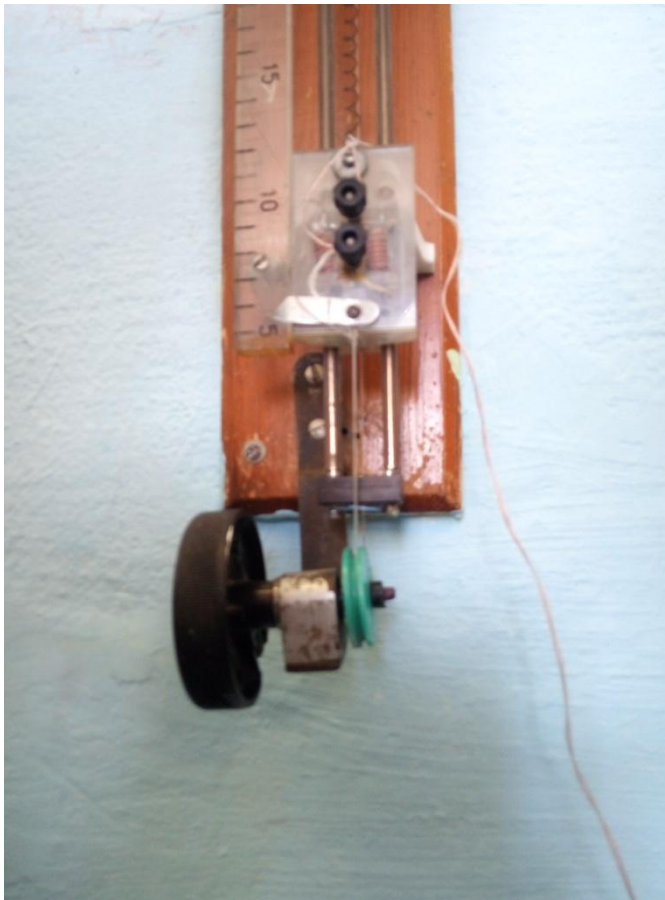
3.в. Ввімкнути в кінці лінії конденсатор невідомої ємності і зняти розподіл діючого значення напруги вздовж лінії:

$$\underline{Z}_2 = -jX_C$$

Виміри проводимо, рухаючись від кінця лінії до її початку через кожні 5 см, фіксуючи при цьому положення вузлів і видугів (мінімумів і максимумів) у проміжних точках.

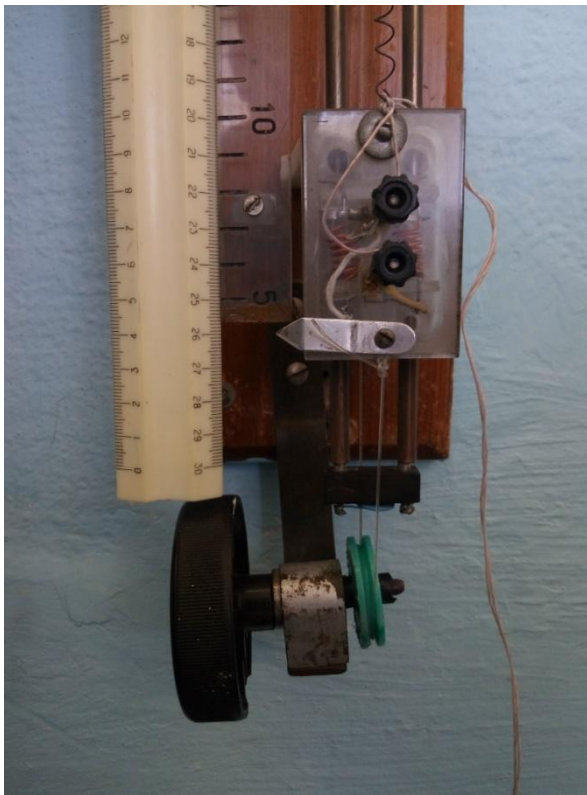
Отримані результати вимірів занести в таблицю 1.

X (см)	Z ₂ =-jX _C
0	5
5	0
10	30
15	65
20	100
25	115
30	130
35	140
40	135
45	120
50	100
55	75
60	40
65	10
70	0
75	20
80	50
85	90
90	120
95	135
100	150
105	145
110	135
115	120
120	95
125	55
130	20
135	0
140	10
145	35
150	75
155	105
160	130



Визначення ємності конденсатора, ввімкненого в кінці лінії.

У разі навантаження лінії на реактивний опір також спостерігається режим стоячих хвиль, тільки в кінці лінії не буде ні вузла, ні видуги напруги або струму. Тому потрібно визначити відстань x_0 від кінця лінії до найближчого вузла напруги.



Відстань $x_0 \approx 0.04$ м



Напруга найближчого вузла від кінця лінії

Пункти, що пов'язані з обробкою результатів дослідів наведені у протоколі.

Висновок по роботі по експериментальних даних, що представлені в таблиці 1.

Посилання на методичні вказівки до виконання лабораторних робіт:
[Лабораторна робота №51. Дослідження однорідної довгої лінії без втрат](https://toe.fea.kpi.ua/download/laboratory/lab51.pdf)
<https://toe.fea.kpi.ua/download/laboratory/lab51.pdf>

Посилання на відео: <https://youtu.be/eLxu1diDpZU>

Список літератури:

1. Бойко В.С., Бойко В.В., Видолоб Ю.Ф., Курило І.А., Шеховцов В.І. та Шидловська Н.А. Теоретичні основи електротехніки: підручник: У 3 т. / За заг. ред. І.М. Чиженка, В.С. Бойка. – К.: НТУУ “КПІ”, 2013. – 244 с.
2. Курило І.А. Електричні кола з розподіленими параметрами. Усталені режими: навч. посіб./ І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, В.І. Шеховцов. – К.: НМК ВО, 1993. – 96 с.
3. Торбенков Г.М. Установившиеся процессы в цепях с распределенными параметрами: учебное пособие / Г.М. Торбенков, Л.И. Степанова. – Ч.: Челябинский политехнический институт, 1976. – 32 с.