



Міністерство освіти і науки України  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет енергетики, робототехніки та  
комп'ютерних технологій  
Кафедра електропостачання та  
енергетичного менеджменту

## **ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ**

**Методичні вказівки**  
до виконання лабораторної роботи «Дослідження режимів роботи  
ліній електропередавання великої довжини»  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та елек-  
тромеханіка»

**Харків**  
**2023**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
**Факультет енергетики, робототехніки та  
комп'ютерних технологій**  
**Кафедра електропостачання та  
енергетичного менеджменту**

## **ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ**

Методичні вказівки

до виконання лабораторної роботи «Дослідження режимів роботи ліній електропередавання великої довжини» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Затверджено рішенням  
науково-методичної ради  
факультету енергетики,  
робототехніки та комп'ютерних  
технологій  
Протокол № 3  
від 22 лютого 2023 року

Харків  
2023

УДК 621.31  
С 31

Схвалено на засіданні кафедри  
електропостачання та енергетичного  
менеджменту Протокол №7 від 8.02.2023

р.

**Рецензенти:**

**С. О. Тимчук**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ;

**Ю. М. Хандола**, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Електричні мережі та системи: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження режимів роботи ліній електропередавання великої довжини» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко, С. А. Попадченко – Харків: [б. в.], 2023. – 20 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни. Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Видання призначена для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**УДК 621.31**

**Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник**, д-р техн. наук

© Савченко О. А., Попадченко С. А.,  
2023 © ДБТУ, 2023

# Лабораторна робота

## «Дослідження режимів роботи ліній електропередавання великої довжини»

**Мета роботи.** Вивчити особливості режимів роботи ліній електропередавання напругою більше  $110 \text{ кВ}$ .

Дослідити пропускну здатність лінії та виміряти зміну напруги в режимах неробочого стану лінії(холостого ходу) та навантаження

### **Програма виконання роботи.**

1. Розрахувати хвильовий опір лінії електропередавання та натуральну потужність, реактивну провідність.
2. Виміряти на фізичній моделі напругу та струми в контрольних точках різних режимів роботи лінії.
3. Використовуючи масштаби для напруги, струму та потужності визначити ці параметри для оригіналу.
4. За даними досліду побудувати залежності зміни напруги та струму для контрольних точок. Порівняйте розрахункові дані з вимірними.

### **Вимоги до складання звіту.**

Звіт по роботі повинен мати:

1. Мету роботи.
2. Принципову електричну схему моделі.
3. Розрахунки напруги, струму, потужності оригіналу.
4. Провести дослід і записати вимірні дані.
5. Побудовані залежності: зарядного струму і напруги лі-

нії моделі і оригіналу в неробочого режиму і при навантаження  $I_{зар. мод} = f(l)$ ;  $U_{хх. мод} = f(l)$  в одній системі координат.

6. Зробити висновки по роботі.

### **Пояснення до роботи.**

Для передавання електричної енергії від електростанцій системи до центрів споживання і для її розподілення в районних мережах енергосистем застосовують повітряні лінії (ПЛ) напругою змінного струму 110, 150, 220 і 330, 500, 750 кВ.

Лінії напругою 500 і 750 кВ застосовують для передачі великої кількості електроенергії і для зв'язку між собою окремих електричних систем і створення замкнутих мереж.

При проектуванні ліній електропередавання заданими вважаються потужності, які передають, і відстань, на яку потрібно передати цю потужність. Визначається номінальна напруга електропередавання, число кіл, переріз проводів, а також заходи по збільшенню пропускної здатності лінії в різних режимах роботи.

При виборі напруги приймається до уваги, що перевищення робочої напруги відносно номінальної за умовами роботи ізоляції не повинно перевищувати 15 % - в мережах 110-220 кВ, 10% - в мережах 330 кВ і 5% - в лініях 500 кВ і вище. Електричні мережі всіх напруг мають активні і ємнісні провідності, що обумовлює протікання в цих лініях струмів витoku і ємнісних струмів, величина котрих не залежить від навантаження, а визначається тільки конструкцією, довжиною лінії і її робочою напругою.

Розрахунок цих ліній здійснюється з урахуванням провідностей - активної  $g$  і реактивної  $b$ . В розрахунках приймаєть-

ся, що провідність, як активна, так і реактивна, по фазам рівномірно розподілені і визначаються через активні і реактивні опори. Значення реактивних і активних опорів (при відомій конструкції лінії, марках і перерізах проводів) визначають за довідниками або за допомогою розрахунків.

Індуктивний опір одиниці довжини лінії з поодинокими проводами у фазі може бути визначений за формулою:

$$x_0 = \omega \cdot (4,6 \cdot \ln \frac{2D_{CP}}{d} + 0,5 \cdot \mu) \cdot 10^{-4}, \text{ Ом/км}; (1)$$

де  $D_{CP}$  - середня геометрична відстань між осями проводів;

$$D_{CP} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}}, \text{ м}, (2)$$

$D_{12}, D_{23}, D_{31}$  - дійсна відстань між проводами 1, 2, 3, м;

$d$  - фактичний зовнішній діаметр проводу, визначається по ДСТУ на проводи, мм;

$\mu$  - магнітна проникність матеріалу проводу, для проводів із кольорового металу,  $\mu = 1$ .

З метою підвищення пропускної здатності лінії (зниження реактивного опору) і зменшення втрат енергії на корону, лінії трифазного струму напругою 330, 500, 750 кВ виготовляють із кольорового металу з розщепленими проводами в фазах. Індуктивний опір, для ліній з розщепленими проводами в фазах, визначається за формулою:

$$x_0 = 0,144 \cdot \lg \frac{D}{r_{EKB}} + \frac{0,016}{n}, \text{ Ом/км}; (3)$$

де:  $D_{CP}$  - середня геометрична відстань між осями проводів,  $m$ ;

$r_{екв}$  – еквівалентний радіус проводів однієї фази,  $mm$ ;  $n$  – кількість проводів у розщепленій фазі.

При розміщенні проводів у фазі по колу, рис.1 з радіусом  $\rho_p$  (радіус розщеплення) еквівалентний радіус проводів фази  $r_{екв}$  для будь-якого числа  $n$  проводів може бути визначений за формулою:

$$r_{екв} = \rho_p \cdot \sqrt[n]{n \cdot r / \rho_p}, \text{ мм}; \quad (4)$$

де  $r$  – дійсний радіус одного проводу,  $mm$ .

Для  $n = 2$  і  $n = 3$  значення  $r_{екв}$  визначається за формулою:

$$r_{екв} = \sqrt[n]{n \cdot d_{сер}^{n-1}}, \text{ мм} \quad (5)$$

де  $d_{сер}$  - середня геометрична відстань між проводами однієї фази (крок розщеплення),  $mm$ .

В системах електропередавання України прийнятий крок розщеплення:

$400 \text{ мм}$  - для ліній  $330$  і  $500 \text{ кВ}$  при розщепленні відповідно на  $2$  і  $3$  проводи;

$600 \text{ мм}$  - для ліній  $750 \text{ кВ}$  при розщепленні відповідно на  $4$  проводи,  $300 \text{ мм}$  - при розщепленні на  $5$  проводів. Активна провідність ліній обумовлена протіканням струмів витоку через ізоляцію і появою електричної корони на проводах.

Приймаючи заходи для зниження робочої напруженості електричного поля ліній електропередавання (ЛЕП), проєктують повітряні лінії (ПЛ) таким чином, щоб втрати потуж-

ності на корону в них, при сприятливій погоді, не було, а середньорічні втрати були малі. А так як втрати активної потужності обумовлені струмами витоку по ізоляторам і в матеріалі ізоляторів незначні, то при електричних розрахунках ліній їх активну провідність в схемах заміщення вважають рівною нулю ( $g = 0$ ).

Реактивна провідність лінії обумовлена протіканням в ній ємнісних струмів. Будь-яку пару проводів ПЛ, провід лінії і земля можна розглядати як конденсатор з відповідною частковою ємністю. Робоча ємність лінії складається із часткових ємностей фаза-фаза і фаза-земля.

Розуміння робочої ємності справедливо тільки для симетричних ліній. Робочу ємність лінії визначають з припущенням, що фізична симетрія їх забезпечується транспозицією проводів, тобто послідовно змінюють на опорах взаємне розміщення проводів по відношенню один до одного на різних ділянках лінії. При цьому провід кожної фази проходить одну третину довжини лінії на одному, другу – на другому і третю – на третьому місці.

Одне таке потрійне переміщення проводів називають циклом транспозиції. Транспозицію проводів застосовують також з метою зменшення впливу лінії електропередавання на сусідні провoda зв'язку на лініях напругою вище  $110 \text{ кВ}$  і довжиною більше  $100 \text{ км}$ .

Робоча ємність визначається як ємність плеча еквівалентної зірки і знаходиться із перетворення трикутника провідностей в зірку (рис. 1, формула б).

$$C = 3 \cdot C_{12} + C_{10}, \Phi. \quad (6)$$



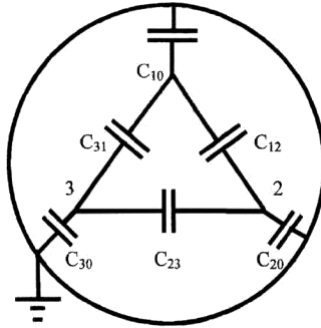


Рисунок 1– Принципова схема розподілення ємності лінії електропередавання.

Робоча ємність залежить від діаметра проводів, їх взаємного розміщення, відстані між ними і діелектричної проникності середовища. Впливом на ємність сусідніх кіл ліній передачі і грозозахисних тросів проводів нехтують. Помилка, обумовлена знехтуванням цього впливу при найбільш несприятливому випадку не перевищує 5 %.

В практичних розрахунках електричних мереж робочу ємність 3-фазної ПЛ з одним проводом на фазу визначають за формулою:

$$C_0 = \frac{0,024}{\lg \frac{D_{\text{сер}}}{r}} \cdot 10^{-6}, \text{ Ф/км}; \quad (7)$$

а реактивну провідність при  $f = 50 \text{ Гц}$ :

$$b_0 = \omega \cdot C_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{\text{сер}}}{r}} \cdot 10^{-6}, \text{ См/км}. \quad (8)$$

8

Для визначення робочої ємності повітряної лінії з розщепленими проводами (при 2-х і 3-х проводах на фазу), необхідно в розрахункових формулах (1.67) і (1.68) замінити  $r$  на  $r_{екв}$ .

Наявність ємнісної провідності дозволяє розглядати лінію електропередавання, як генератора реактивної ємнісної потужності

$$Q = U \cdot \omega^2 \cdot C_0 \cdot L = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_C = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{\sqrt{3} \cdot b_0} = \frac{U^2}{b_0}, \quad (9)$$

де  $U$  - робоча лінійна напруга, кВ;

$$I_C = \omega \cdot C_0 \cdot L \cdot I_{нат} \cdot \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = 0,001L \cdot I_{нат} - \text{ємнісний струм};$$

$I_{нат}$  - струм зарядної потужності (14).

Зарядна потужність зменшує індуктивну складову потужності навантаження, яка передається по лінії від джерела до споживача.

Однорідна ЛЕП представляє собою електричне коло з рівномірно розподіленими параметрами:

опором  $z_0 = r_0 + jx_0$  і провідністю  $y_0 = g_0 + jb_0$  незмінними по довжині кола.

Струм і напруга лінії безперервно змінюються по її довжині: струм із-за наявності провідності, а напруга за рахунок падіння напруги на електричному опорі.

Зміни напруги і струму в таких лініях описуються рівностями:

$$U_1 = U_2 \operatorname{ch} \gamma_0 l + \sqrt{3} I_2 Z_C \operatorname{sh} \gamma_0 l, \quad (10)$$

$$I_1 = I_2 \operatorname{Ch} \gamma_0 l + \frac{I}{\sqrt{3} \cdot Z_C} \cdot U_2 \cdot \operatorname{Sh} \gamma_0 l, \quad (11)$$

де  $l$  - довжина лінії, км;

$Z_C$  - хвильовий опір лінії, Ом;

$\gamma_0$  - коефіцієнт розповсюдження електромагнітної хвилі,  $1/\text{км}$ ;

$\alpha_0$  - коефіцієнт затухання хвилі струму або напруги,  $1/\text{км}$ ;

$\beta_0$  - коефіцієнт фази хвилі напруги або струму при її розповсюдженні;

$\operatorname{Sh} \gamma_0 l$ ,  $\operatorname{Ch} \gamma_0 l$  - гіперболічний синус і косинус (відповідно) аргументу  $\gamma_0 l$ . В свою чергу гіперболічний синус і косинус:

$$\operatorname{Sh} \gamma_0 l = \frac{1}{2} (e^{\alpha_0 l} e^{\beta_0 l} - e^{-\alpha_0 l} e^{-\beta_0 l});$$

$$\operatorname{Ch} \gamma_0 l = \frac{1}{2} (e^{\alpha_0 l} e^{\beta_0 l} + e^{-\alpha_0 l} e^{-\beta_0 l}). \quad (12)$$

Пропускна здатність лінії електропередавання збільшується зі збільшенням номінальної напруги лінії. При даній напрузі вона визначається трьома умовами:

а) економічністю електропередавання, яка залежить від величин втрат електричної енергії в лінії;

б) рівнями напруг на початку та в кінці лінії електропередавання, які залежать від величин падіння напруги в лінії;

в) стійкістю паралельної роботи генераторів електростанцій енергосистеми.

Зі збільшенням дальності передавання пропускна здатність лінії знижується, що обумовлюється величинами позовжнього кута  $\delta$  між напругами, яка передається і яка прий-

мається. Бажання передавати значні потужності на великі відстані призводить до необхідності підвищення пропускної здатності шляхом застосування спеціальних засобів, як, наприклад, компенсація параметрів лінії, штучне підвищення стійкості паралельної роботи генераторів. Споживання активної потужності електроприймачами пов'язано зі споживанням ними також і реактивної потужності (трансформатори, електродвигуни). Передача по лінії реактивної потужності збільшує втрати напруги і енергії.

На величину реактивної потужності при електропередаванні впливає зарядна потужність лінії. В лініях напругою 500, 750 кВ великої довжини вона досягає дуже значних величин, в результаті чого видача реактивної потужності від генераторів енергосистеми в лінію виключається, а надлишкова реактивна потужність в лінії компенсується реакторами.

Як уже відмічалось, зарядна потужність лінії не залежить від навантаження у ній. Втрати ж реактивної потужності в індуктивному опорі лінії пропорційні квадрату потужності, яка передається. При деякій величині потужності, що передається по лінії, може виникнути такий випадок, коли втрати реактивної потужності в індуктивному опорі лінії і її зарядна потужність будуть повністю компенсувати один одного, тобто

$$3I^2 x = 3U^2 b. \quad (13)$$

o                      o

Якщо при цьому по лінії буде передаватись тільки активна потужність ( $\cos\varphi = 1$ ), то передача буде відбуватись з найменшими втратами потужності. Такий режим називається режимом натуральної потужності. Натуральна потужність

ЛЕП - активна потужність, що передається по ЛЕП, при якій зарядна потужність ЛЕП дорівнює втратам реактивної потужності в ній.

Натуральна потужність лінії визначається за формулою:

$$P_{\text{нат}} = \frac{U^2}{Z_{\phi}} = \frac{U^2}{\sqrt{L_0 / C_0}}, \text{ Вт}; \quad (14)$$

де  $L_0$  і  $C_0$  - індуктивність і ємність одиниці довжини лінії,  $\text{Гн/км}$ ,  $\text{Ф/км}$ ;

$Z_{\phi}$  - хвильовий опір лінії,  $\text{Ом}$ .

Хвильовий опір для повітряних високовольтних ліній знаходиться в межах  $375...400 \text{ Ом/км}$ , а кабельних  $35...40 \text{ Ом/км}$ . Наприклад, натуральна потужність повітряної лінії напругою  $35 \text{ кВ} - 3 \text{ 000 кВт}$ ,  $110 \text{ кВ} - 30 \text{ 000 кВт}$  [6]. Натуральна потужність для різних класів ПЛ наведена в таблиці 1.14. Формула показує, що натуральну потужність можна збільшити за рахунок збільшення ємності і зниження індуктивності лінії.

На практиці цього домагаються наступними заходами:

- додавання додаткових проводів на фазу;
- підвищення розміру пучка для кожної фази ;
- використання асиметричних пучків;
- зменшення відстані між фазами.

Таблиця 1 - Натуральна потужність для різних класів ПЛ

Номінальна напруга, кВ	Натуральна потужність ПЛ, МВт	Граничне значення довжини ПЛ, км
110 (157)	30	80
220	135	250
330	360	400
500	900	500
750	2100	1000

При передаванні по лінії потужності більшої натуральної напруга по довжині лінії зменшується, а при потужності менше натуральної - напруга до кінця лінії збільшується.

ЛЕП напругою 500, 750кВ розраховуються на передавання натуральних потужностей, лінії меншої напруги – на передавання потужностей, які перевищують натуральну.

### **Послідовність виконання роботи.**

1. Визначити розрахункові параметри ( $r_0$ ,  $x_0$ ,  $C_0$ ,  $b_0$ ) ЛЕП напругою 150 кВ, яка виконана проводом АС-205/27, діаметр проводу 19,8 мм,  $r_0=0,14$  Ом/км. Довжина лінії 150 км. Розміщення фаз трикутником,  $D_{СЕР}=4м$ .

При виконанні розрахунків прийняти:

- масштаб опору моделі ЛЕП  $m_z = Z_l : Z_{мод} = 1 : 5 = 0,2$  ;

- масштаб по напрузі  $m_U = U_{фл} : U_{мод} = 500$  ;

- масштаб по струму і по потужності

$m_I = m_U : m_Z$  ;  $m_P = m_U \cdot m_I$  .

За формулою (14) визначити натуральну потужність, ( $\cos\varphi = 1$ ) і  $U_2 = U_H = 150 \text{ кВ}$ ;

Визначити величини напруг  $U_{\text{мод}}$  і струму  $I_{\text{мод}}$  в окремих точках лінії через кожні 30 км. Початок замірів здійснювати з кінця лінії для режимів холостого ходу і навантаження, п. 2-4. Результати занести у таблицю 2.

Таблиця 2 – Відомості про величини струмів і напруг в залежності від довжини.

	Довжина лінії, км					
	150	120	90	60	30	0
$U_{\text{мод}}^{x.x}$ , В						
$I_{\text{мод}}^{x.x}$ , мА						
$U_{\text{мод}}^{\text{нав.}}$ , В						
$I_{\text{мод}}^{\text{нав.}}$ , мА						
$U_{\text{ор}}^{x.x}$ , В						
$I_{\text{ор}}^{x.x}$ , А						
$U_{\text{ор}}^{\text{нав.}}$ , В						
$I_{\text{ор}}^{\text{нав.}}$ , А						
$P_{\text{ор}}$ , кВА						

2. Зняти показники напруги і струму в режимі холостого ходу. Тумблер  $S$  вимкнений. Встановити в кінці моделі лінії  $U_{2\text{мод}} = 173 \text{ В}$ . Записати дані приладів. Заміряти напругу в контрольних точках від кінця лінії - 150, 120, 90, 60, 30, 0 км і занести в таблицю 2.

3. Дослідити зміну напруги при навантаженні. Включити тумблер  $S$ , струм навантаження моделі  $I_{\text{нм}} \approx 94 \text{ мА}$ . Заміряти напругу і струм в контрольних точках. Дані замірів записати в таблицю 2.

4. Побудувати залежність зміни напруги для оригіналу лінії:  $U_{op}^{x.x} = f(l)$ ,  $U_{op}^{наб} = f(l)$ ,

$$\text{де } U_{op} = U_{\text{мод}} \cdot m_U .$$

Побудувати залежність зміни струму для оригіналу лінії:  $I_{op}^{x.x} = f(l)$ ,  $I_{op}^{наб} = f(l)$ ,

$$\text{де } I_{op} = I_{\text{мод}} \cdot m_I .$$

5. Проаналізувати зміну зарядного струму вздовж лінії в різних режимах (див. 9).

6. Проаналізуйте зміну відношення  $P_{op} / P_{\text{нат}}$ .



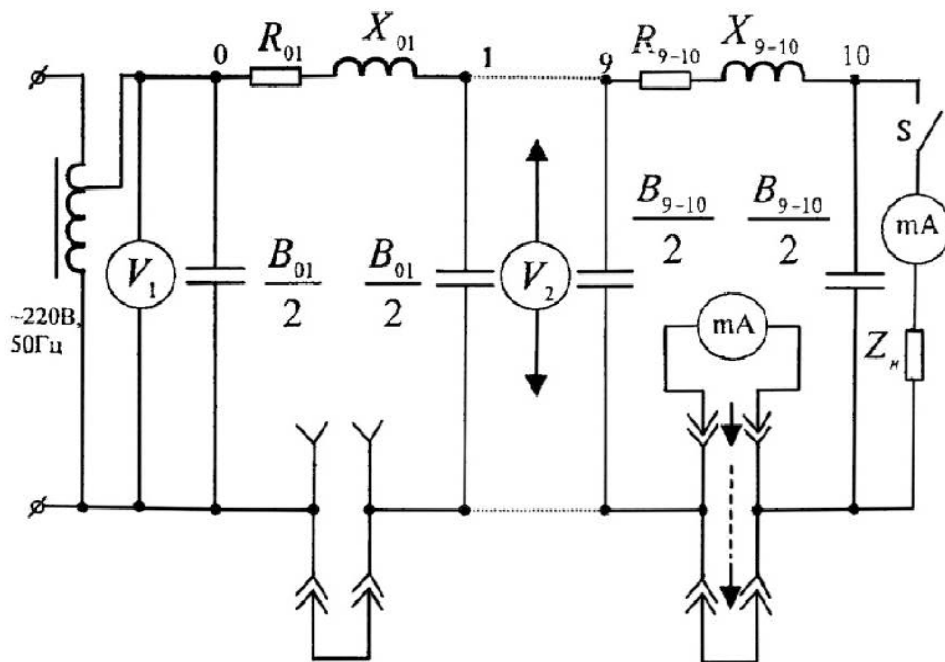


Рисунок 2 – Схема лабораторної установки.

## Контрольні питання

1. Які особливості розрахунку лінії електропередавання великої довжини напругою *110 кВ* і вище?
2. Як визначаються питомі поздовжні і поперечні параметри лінії електропередавання?
3. Який вплив на режим роботи лінії дальнього електропередавання створює реактивна провідність?
4. Який характер має реактивна провідність лінії, чим вона обумовлена?
5. Що таке зарядна потужність лінії? Який вплив вона справляє на режим роботи лінії?
6. З якою метою здійснюється розчеплення фаз на ЛЕП високих напруг?
7. Яким чином компенсується надлишкова реактивна потужність ЛЕП?
8. Який режим роботи лінії називається режимом натуральної потужності?
9. Від чого залежить пропускна здатність ЛЕП?
10. Чим пояснюється підвищення напруги в ЛЕП *150 кВ* в кінці, при роботі на холостому ході?
11. В яких випадках напруга в кінці лінії збільшується, а в яких зменшується?

## Використана література

1. Правила улаштування електроустановок. – Х.: "Форт", 2011, - 732с.
2. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС) – Мінпаливенерго України. 2007–271с.
3. Руководящие указания по учету потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330 – 750 кВ и постоянного тока 800 – 1500 кВ. (Главное техническое управление по эксплуатации энергосистем) – М.: СЦНТН ОРТЭС, - 1975, - 84с.
4. Бутенко В.А. Техника высоких напряжений: учебное пособие/ В. А. Бутенко, В. Ф. Вазов, Ю. И. Кузнецов, Г. Е. Куртенков, В. А. Лавринович, А. В. Мытников, М. Т. Пичугина, Е. В. Старцева – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 119 с.
5. Вазов В. Ф. Техника высоких напряжений: курс лекций / В. Ф. Вазов, В. А. Лавринович. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 150 с.
6. Степанчук К. Ф. Техника высоких напряжений/ К. Ф. Степанчук, Н. А. Тиняков: Учебн.пособие для электроэнегет. спец. вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: высш. школа, 1982. – 367 с., ил.

7. Будзко И. А., Зуль Н. М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 406с.

8. Дмоховская Л. Ф., Ларионов В. П., Панталь Ю. С., Разевага Д. В., Техника высоких напряжений. Учебник для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов. Под общей ред. Д.В. Разевага, Изд. 2-е. М.: "Энергия". 1976. с.74.

9. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В. В., Каплун В. В., Волошин С. М. – К.: Аграрна освіта , 2011. – 448 с.

10. Притока І. П. Електропостачання сільського господарства. – К.: Вища школа. 1983. – 343с.

Навчальне видання

## ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи «Дослідження режимів роботи ліній  
електропередавання великої довжини»

Автори-укладачі:  
**САВЧЕНКО** Олександр Анатолійович  
**ПОПАДЧЕНКО** Світлана Анатоліївна

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman Папір для цифрового друку. Друк  
ризографічний. Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр. Державний біотехнологічний  
університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44