



**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**  
**регулювання напруги в сільській розподільній мережі 0,38-10 кВ»**  
**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  
регулювання напруги в сільській розподільній мережі 0,38-10 кВ» для  
здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної  
форми навчання  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електро-  
механіка»

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 регулювання напруги в сільській розподільній мережі 0,38-10 кВ» 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. – 25 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 регулювання напруги в сільській**  
**розподільній мережі 0,38-10 кВ»**

**Мета роботи.**

Визначення допустимої втрати напруги в розподільній лінії при нормованих відхиленнях напруги у споживачів, в залежності від рівнів напруги на шинах *10 кВ* (джерела живлення), за рахунок вибору оптимального положення регулювальних відгалужень споживчих трансформаторів з ПБЗ (перемикання без збудження) на фізичній моделі мережі.

**Програма виконання роботи.**

1. Виміряти напруги на виході трансформаторів.
2. Розрахувати допустиму втрату напруги в лінії.
3. Визначити і вибрати оптимальні надбавки напруги силових трансформаторів *10/0,4 кВ*.
4. Побудувати епюри розподілення відхилення напруги на шинах *0,22 кВ* моделі і на шинах *0,4 кВ* оригіналу в досліджуваній схемі з різними видами регулювання напруги на шинах *10 кВ* РТП:

- здійснити ручне регулювання напруги з використанням трансформаторів типу ТМ з ПБЗ;
- здійснити автоматичне регулювання напруги з використанням трансформаторів типу ТМН з РПН:
  - для режиму зустрічного регулювання,
  - для режиму стабілізації напруги.

5. Вивчити методи визначення допустимої величини втрати напруги в лініях  $0,38 \text{ кВ}$  і  $10 \text{ кВ}$  для ближнього, віддаленого і проміжних ТП  $10/0,4 \text{ кВ}$ .

**Вимоги до складання звіту.**

Звіт по роботі повинен мати:

1. Мету і програму роботи.
2. Принципову електричну схему мережі  $35-10-0,38 \text{ кВ}$ , рис.1.1.
3. Принципову електричну схему дослідження режиму напруги та паспортні дані приладів, рис.1.2.
4. Таблиці 1.1,1.2 і 1.3 з даними вимірювань і розрахунків.
5. Епюру розподілення рівнів напруг в досліджуваній мережі для одного із способів регулювання напруги на шинах джерела живлення (по завданню керівника) в залежності від втрати напруги в лінії.
6. Висновки по роботі.

**Пояснення до роботи.**

В наслідок зміни навантаження змінюються втрати напруги в елементах електропередавання мережі. Це приводить до відхилення напруги від номінальної величини на шинах джерела і на затискачах споживачів електричної енергії.

**Відхилення напруги – це алгебраїчна різниця між поточними значеннями напруги в певному пункті електропостачальної системи в заданий момент часу та її номінальним значенням:**

$$\delta U_{i(t)} = U_{i(t)} - U_n . \quad (1.1)$$

Відхилення напруги, на практиці, виражають у відсотках від номінальної напруги:

$$\delta U = \frac{U_{i(t)} - U_i}{U_i} 100\%, \quad (1.2)$$

де  $\delta U$ , - відхилення напруги, %,  $B$ ;

$U_{i(t)}$  - поточні значення напруги,  $B$ ;

$U_n$  - номінальна напруга,  $B$ ;

$t$  – час в якому зафіксовані відхилення напруги.

На практиці величину відхилення напруги ( $\delta U$ ) використовують: для оцінки роботи електроприймачів; визначення допустимої втрати напруги в лініях електропередавання; вибору перерізу проводів та інше.

За існуючими нормами, ГОСТ 13109-97 (ДСТУ 13109 – 95), напруга на затискачах сільського електроприймача не повинна відхилятися від номінального значення більш, ніж на  $\pm 5\%$ . В після аварійному режимі допускається додаткове зниження напруги на  $5\%$ .

Допустиму величину втрати напруги в мережі  $0,38$  кВ розраховують за формулою:

$$\Delta U = dU_{0,38}^{(100)} + 5, \% \quad (1.3)$$

де  $\Delta U$  % - допустима величина втрати напруги в мережі  $0,38$  кВ в режимі максимальних навантажень, %;

$\delta U_{0,38}^{(100)}$  - відхилення напруги на шинах  $0,38$  кВ ТП в режимі максимальних навантажень, %;

5 - допустиме відхилення напруги на затискачах електроприймача, %.

Використовуючи величину допустимих втрат напруги в мережах  $0,38 \text{ кВ}$ ,  $10 \text{ кВ}$

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{0,38} + \Delta U_{10}, \% \quad (1.4)$$

визначають:

- радіус електропередавання, число трансформаторних підстанцій,
- переріз проводу, а також виконують перевірку вибраного перерізу проводу за виконанням умови:

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{дійсн}}, \quad (1.5)$$

де  $\Delta U$  - допустима втрата напруги, %;

$\Delta U_{\text{дійсн}}$  - дійсна розрахункова втрата напруги до відповідного вузла, %.

Величина відхилення напруги на затискачах електроприймачів залежить від ряду факторів:

- рівня напруги на шинах джерела живлення (шинах  $10 \text{ кВ}$  підстанції РТП  $110 - 35/10 \text{ кВ}$ );
- графіка навантаження споживачів;
- втрат напруги в проводах і силових трансформаторах споживчих трансформаторів;
- положення регулювальних відгалужень трансформаторів;

- величини добавки напруги технічних лінійних засобів регулювання.

Сільська електрична мережа складається із двох основних елементів – розподільних ліній середньої 35 і 10 кВ і низької напруги 0,38 кВ та силових трансформаторів 10/0,4 кВ, установлених на споживчих підстанціях.

Величини відхилення напруги та втрат напруги прийнято розраховувати для двох граничних режимів зміни навантажень: максимального, рівного розрахунковому навантаженню і мінімального, яке складає 25 % від максимального.

Величина відхилення напруги у відсотках для мережі 10 і 0,38 кВ визначається за формулами (1.6), (1.7):

- в умовах мінімального навантаження (25% від максимального розрахункового):

$$\delta U^{(25)} = \delta U_{\text{цжс}}^{(25)} - \Delta U_{10}^{(25)} - \Delta U_m^{(25)} + \delta E_m \pm \delta E_p - \Delta U_{0,38}^{(25)}, \%; \quad (1.6)$$

- в умовах максимального навантаження:

$$\delta U^{(100)} = \delta U_{\text{цжс}}^{(100)} - \Delta U_{10}^{(100)} - \Delta U_m^{(100)} + \delta E_m \pm \delta E_p - \Delta U_{0,38}^{(100)}, \%; \quad (1.7)$$

де  $\delta U_{\text{цжс}}^{(25)}$ ,  $\delta U_{\text{цжс}}^{(100)}$  - рівні напруг на шинах 10 кВ, центра живлення підстанції 110 – 35/10 кВ, відповідно в режимах мінімальних і максимальних навантажень, %;



$\Delta U_{10}^{(25)}$ ,  $\Delta U_{10}^{(100)}$ , - втрати напруги в лінії

електропередавання 10кВ, %;

$\Delta U_{0,38}^{(25)}$ ,  $\Delta U_{0,38}^{(100)}$ , - втрати напруги в лінії електропереда-

вання 0,38 кВ, %;

$\Delta U_m^{(25)}$ ,  $\Delta U_m^{(100)}$ , - втрати напруги в силовому трансформаторі

10/0,4 кВ, %;

$\delta E_m$  - надбавка напруги споживчих трансформаторів

( 0; 2,5; 5; 7,5; 10 )%;

$\delta E_p$  - надбавка напруги технічних (лінійних) засобів ре-

гулювання напруги в мережі.

Надбавку  $\delta E_p$  напруги лінійних регуляторів в даній роботі не враховуємо, лінійні регулятори напруги вибираються в разі не виконання умови (1.5).

Втрати напруги до віддаленої точки в лінії електропередавання з розподіленим навантаженням визначається за формулою:

$$\Delta U = \frac{I}{U_n} \sum_{i=1}^n S_{i.p} (r_0 \cdot \cos\phi + x_0 \cdot \sin\phi) \cdot l_i, B; \quad (1.8)$$

у відсотках:

$$\Delta U = \frac{I}{10U_n} \sum_{i=1}^n S_{i.p} \cdot (r_0 \cdot \cos\phi + x_0 \cdot \sin\phi) \cdot l_i \% ; \quad (1.9)$$

де  $S_{i.p}$  - розрахункове навантаження  $i$ -ї ділянки лінії електропередавання,  $\text{kVA}$ ;

$U_n$  - номінальна напруга мережі,  $\text{kV}$ ;

$l_i$  - довжина  $i$ -ї ділянки,  $\text{км}$ ;

$r_0, x_0$  - питомі активний і індуктивний опори провoda,  $\text{Ом/км}$ ;

$n$  - кількість ділянок до  $i$ -го вузла (точки приєднання) навантаження.

В силових трансформаторах втрата напруги визначається за формулою:

$$\Delta U_m = \frac{S_p}{S_n} (\Delta U_a \cdot \cos\phi + \Delta U_p \cdot \sin\phi), \% ; \quad (1.10)$$

де  $S_p, S_n$  - відповідно розрахункова та номінальна повна потужність силового трансформатора,  $\text{kVA}$ ;

$\Delta U_a$  - активна складова втрати напруги, %;

$\Delta U_p$  - реактивна складова втрати напруги.

Активна складова втрати напруги в трансформаторі визначається за формулою:

$$\Delta U_a = \Delta \frac{P_{к.з.}}{S_n} \cdot 100, \%; \quad (1.11)$$

де  $\Delta P_{к.з.}$  - втрати активної потужності короткого замикання (втрати в міді), наведені у паспортних даних трансформатора, *кВт*.

Реактивна складова втрати напруги короткого замикання визначається за формулою:

$$\Delta U_p = \sqrt{(\Delta U_k)^2 - (\Delta U_a)^2}, \%; \quad (1.12)$$

де  $\Delta U_k$  - напруга короткого замикання силового трансформатора, (паспортні дані трансформатора), %.

Величини відхилення напруги і втрат напруги розраховуються за формулами (1.6) – (1.12) як при проектуванні мережі так і розрахунків в діючих мережах.

Визначення відхилення напруги за (1.6), (1.7) для діючої мережі не викликає особливої складності, але є трудомістким процесом. З використанням спеціалізованого програмного забезпечення, фізичного і математичного моделювання мережі процес розрахунку полегшується і спрощується.

Для визначення відхилень і втрат напруги при проектуванні мереж використовують різні методи:

- аналітичні, за формулами (1.6) і (1.7);
- за допомогою створення таблиць відхилення напруги [1];
- графоаналітичні за допомогою побудови епюри залежності:

$$\delta U_{0,38} = f(\Delta U_{10}), \text{ (рис. 1.3);}$$

- фізико-математичне моделювання мережі, аналогово – математичне та інші.

При роз'язанні задачі аналітичним або графоаналітичним методами приймаються деякі допущення.

Так, в силових трансформаторах 10/0,4 кВ втрати напруги *приймають для режиму максимального навантаження 4% втрат напруги, а для режиму мінімального навантаження – 1 %.*

Допустима підсумкова втрата напруги для розподільних мереж 10 і 0,38 кВ визначається за формулою:

$$\Delta U_{\partial\Sigma} = \Delta U_{\partial 10} + \Delta U_{\partial 0,38}, \text{ \%}; \quad (1.13)$$

Величину  $\Delta U_{\partial\Sigma}$  приймають незмінною.

При розподілі величин допустимих втрат напруги в лініях 10 і 0,38 кВ рекомендується [10], щоб у мережі 10 кВ втрата напруги складала (0,65 – 0,6)  $\Delta U_{\partial\Sigma}$ . Проаналізуємо деякі рекомендовані в літературі [5, 6, 10] методи рішення задач з

визначення допустимих втрат напруги: табличний, графо - аналітичний та фізичного моделювання.

### **Табличний метод.**

Величину допустимої втрати напруги визначають за допомогою створення таблиці відхилень та втрат напруги за наступною послідовністю:

- креслять принципову електричну схему мережі, наприклад наведену на рис. 1.1;
- використовуючи формули (1.6), (1.7) створюють таблицю відхилення та втрат напруги в елементах мережі (табл. 1.1).

Розрахунок виконують для двох споживчих трансформаторних підстанцій, ближньої до джерела живлення, що встановлена як джерело власних потреб на районній трансформаторній підстанції, і віддаленої, що встановлена в кінці розподільної мережі.

Наприклад, для мережі, рис.1.1, на шинах  $10\text{ кВ}$  РТП рівні напруг при мінімальному і максимальному навантаженні відповідно  $10,5\text{ кВ}$  і  $10,3\text{ кВ}$ . За рівняннями (1.6) і (1.7) складемо таблицю 1.1. Згідно даних таблиці 1.1 допустимі сумарні втрати напруги мережі  $10$  і  $0,38\text{ кВ}$  дорівнюють  $6,5\%$ .

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{10} + \Delta U_{0,38} = 6 + 0,5 = 6,5\% .$$

Таблиця 1.1. - Відхилення напруги в мережі при живленні від шин 10 (6) кВ РТП.

Елемент установки, найменування величин формул (1.6 і 1.7)	Позначення величин	Відхилення напруги, допустима величина втрат напруги, %			
		Найближча ТП		Найвіддаленіша ТП	
		Навантаження, %			
		25	100	25	100
Відхилення напруг, на шинах 10 кВ	$\delta U_{10кВ}$	5	3	5	3
Втрата напруги в лінії 10кВ	$\Delta U_{010}$	0	0	-1,5	-6
Трансформатор 10/0,4 кВ: втрати напруги, надбавка напруги	$\Delta U_m$	-1	-4	-1	-4
	$\delta E_m$	0	0	+2,5	+2,5
Відхилення напруги на шинах 0,38 кВ	$\delta U_{0,38}$	+4	-1	+5	-4,5
Допустима втрата напруги в лінії 0,38 кВ	$\Delta U_{00,38}$		-4		-0,5
Відхилення напруги на затискачах електроприймачів	$\delta U_{ел}$	+4	-5	+5	-5

З метою раціонального розподілу сумарних втрат напруги (1.13) в лініях 10 і 0,38 кВ для віддаленого ТП, розподіляємо їх в співвідношенні 60 та 40 %. Розрахункові допустимі втрати напруги за цих умов:  $\Delta U_{\partial,10} = 0,6 \cdot 6,5 = 3,8 \%$ ,  $\Delta U_{\partial on,0,38} = 2,7 \%$ .

Визначивши допустимі величини втрати напруги можна визначити допустиму довжину лінії, наприклад, переріз проводу  $const$ ,  $\cos\phi = const$ , із (1.9) маємо:

$$l_{\partial} = 10 \Delta U_{\partial} \% \cdot U_n^2 / \sum_1^n S_{ip} \cdot z_{\phi}, \text{ км} \quad (1.14)$$

де  $S_{ip}$  - розрахункове навантаження, кВА;

$z_{\phi} = r_0 \cdot \cos\phi + x_0 \cdot \sin\phi$  - повний опір лінії, Ом/км.

### **Графоаналітичний метод.**

При виконанні табличного методу не має наочності і присутня невизначеність відхилень напруги та допустимої втрати напруги в лініях 0,38 кВ проміжних ТП, підключених до лінії 10 кВ.

Для визначення допустимої втрати напруги в лініях 0,38 кВ і -го ТП і раціонального розподілення допустимих втрат напруги будується епюра залежності відхилення напруг від втрат напруги в розподільній лінії,  $\delta U_{0,38} = f(\Delta U_{10})$ .

На рис.1.3 наведена епюра зміни відхилення напруги, яка побудована за даними (таблиці 1.1) попереднього прикладу.

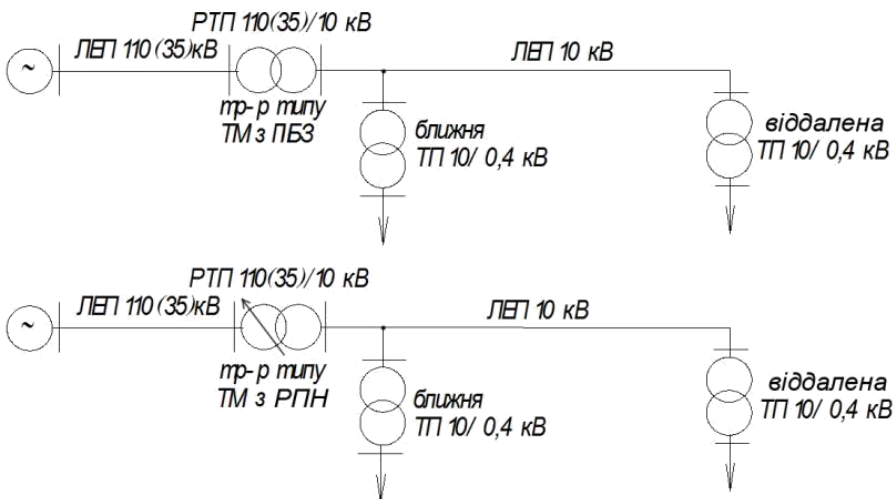


Рисунок 1.1 – Схеми моделі електропередачі 110(35) і 10 кВ.

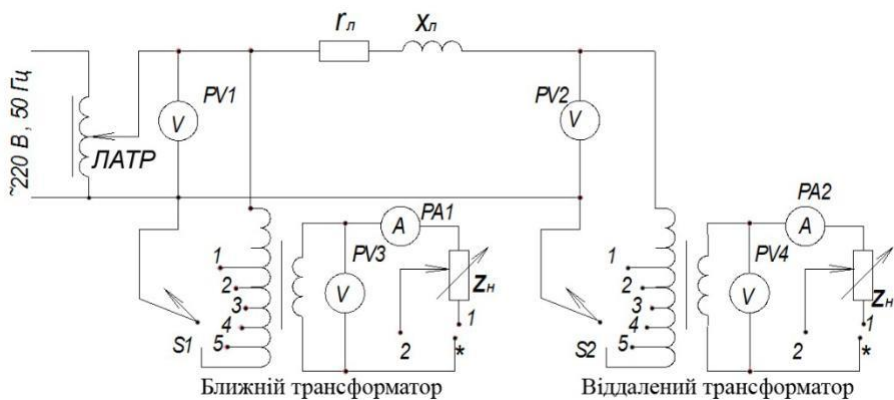


Рисунок 1.2 – Модель розподільної мережі 10 кВ при живленні від РТП 110(35)/10 кВ з трансформаторами типу ТМ або ТМН.



Із рис.1.3 випливає, що підсумкові допустимі втрати на-  
 пруги, повинні бути не більші 4 %.

Якби ми прийняли 6,5%, (табл. 1.1), то для деякої части-  
 ни мережі, за границею точки А  $\Delta U_{дон.10} = 4\%$  відхилення на-  
 пруги на шинах 0,38 кВ ТП виходили б за межі мінус 5% $U_n$  ,  
 що є порушенням ГОСТ 13109 – 97.

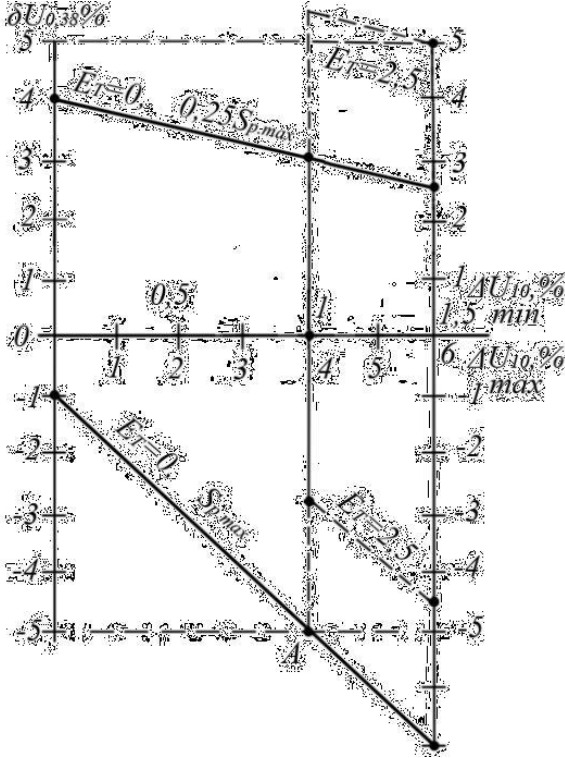


Рисунок 1.3 – Епюра залежності відхилення напруги на ши-  
 нах 0,38 кВ ТП 10/0,4 кВ від втрат напруги в лінії 10 кВ.

Виходячи з наведеного, мережу слід проектувати таким чином, щоб в лінії 10 кВ допустимі втрати напруги склали 2,4%, а в лініях 0,38 кВ віддаленої ТП 1,6 %.

Можливі рішення, які дозволили б забезпечити нормовані відхилення напруги:

- використання трансформаторів на РТП типу ТМН і здійснення зустрічного регулювання;
- використання трансформаторів на РТП типу ТМН і здійснення режиму стабілізації напруги;
- використання лінійних регуляторів напруги, наприклад, вольтододаткових трансформаторів;
- використання поздовжньої або поперечної ємнісної компенсації і т. ін.

Таким чином, графоаналітичний метод надає можливість:

- конкретизувати відхилення напруги в  $i - x$  мережах 0,38кВ;
- визначити технічні засоби регулювання напруги;
- підвищити точність у виборі надбавок напруги споживчих трансформаторів.

### **Метод фізичного моделювання.**

Для визначення відхилень і втрат напруги, вибору технічних засобів регулювання напруги використовується фізико-математичне моделювання.

В даній роботі ця задача вирішується на фізичній моделі електричної мережі 10 кВ (рис.1.2). Напруга моделі – 220 В. Рівні напруги на шинах джерела задаються, а напруги ближнього і віддаленого ТП 10/0,4 кВ змінюються в залежності від навантаження та вибраного відгалуження трансформаторів моделі. Однофазна модель мережі 10 кВ складається з автотрансформатора типу ЛАТР, який імітує підстанцію 110(35)/10 кВ з трансформатором типу ТМ і ТМН, двох однофазних трансформаторів на напругу 220 В з відгалуженнями, які імітують споживчі трансформатори типу ТМ з ПБЗ підстанції 10/0,4 кВ, реостата – модель лінії 10 кВ моделюються за допомогою резисторів, а навантаження - за допомогою лампочок розжарення.

### **Послідовність виконання роботи.**

**Дослід 1.** Визначити надбавки напруги, які відповідають кожному з положень ступеневого переключення відгалужень трансформатора та величину постійної надбавки  $E_m$  напруги на вторинній обмотці силових трансформаторів моделі, яка закладається конструкцію трансформатора і розраховується за формулою:

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot w_2}{w_1}, B; \quad (1.15)$$

де  $U_2$  - вторинна напруга, В;

$w_1$  ,  $w_2$  - кількість витків первинної і вторинної обмотки трансформатора.

З дозволу керівника робіт ввімкнути живлення стенду. За допомогою автотрансформатора подати на первинну обмотку одного з трансформаторів, який імітує ТП 10/0,4 кВ, напругу 220В. За умови розімкнутого вторинного кола (без будь якого навантаження) виміряти напругу на стороні нижчої напруги  $U_2$  (НН) для кожного відгалуження обмотки високої напруги (ВН). Якщо приймемо за номінальну напругу 220 В, тоді величина надбавки визначається за формулою:

$$E_m = \frac{U_{2\text{вим}} - U_{2н}}{U_{2н}} \cdot 100, \% . \quad (1.16)$$

Покази вольтметрів PV1 – PV4 занести до таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Величини напруги у вольтах і надбавки у відсотках на шинах 0,38 кВ ТП.

Номер відгалуження (відпайки) обмотки ВН	1	2	3	4	5
Виміряна напруга на шинах НН, $U_{2\text{вим}}$	Ближній трансформатор				
Надбавка напруги, $E_m$ , відповідно відгалуженню, %					
Виміряна напруга	Віддалений трансформатор				
Надбавка напруги, $E_m$ , відповідно відгалуженню, %					

Відмітити відповідність силових трансформаторів моделі підвищувати напругу згідно нормативних величин, див.(1.6), (1.7) та добавки напруги 0; 2,5; 5; 7,5; 10.

**Дослід 2.** За допомогою розрахунків (табл. 1.2) вибрати оптимальне відгалуження трансформаторів моделі таким чином, щоб напруга на шинах НН не перевищувала 231 В. Автотрансформатором встановити напругу на шинах джерела  $U_I = 1,05 \cdot U_n$  рівну 231 В.

Встановити для обох трансформаторів за допомогою провідників мінімальне навантаження, точка з'єднати електричне коло в точках (\* - 1), (на стенді). Перевірити правильність розрахунків і підібрати для кожного з трансформаторів таке відгалуження, при якому відхилення напруги на стороні НН не виходить за 231 В, тобто  $\delta U_n \leq +5\%$  .

Покази вольтметрів і номери відгалужень трансформаторів моделі досліду занести до таблиці 1.3. За допомогою провідників встановити максимальне навантаження ( $Z_{n,max}$ ), з'єднати електричне коло в точках (\* - 2), а показання вольтметрів і номери відгалужень, які повинні не змінюватись в цьому досліді, занести до таблиці 1.3.

**Дослід 3.** Виберіть оптимальне положення регулювальних відгалужень трансформаторів моделі при живленні моделі від РТП з трансформатором типу ТМН з РПН, який має автоматичне регулювання напруги під навантаженням.

Задатись режимом зустрічного регулювання напруги, тобто при збільшенні навантаження напруга підвищується, а при зменшенні - напруга знижується.

Встановіть максимальне навантаження, замкніть коло. За допомогою автотрансформатора встановіть напругу  $U_1 = 1,05 \cdot U_n = 231 \text{ В}$ . Для кожного з трансформаторів моделі знайдіть таке положення регулювального відгалуження, при якому напруга на виході PV3, PV4 не буде виходити за межі  $231 \text{ В}$ . За допомогою провідника встановіть мінімальне навантаження на обох трансформаторах моделі і встановіть напругу  $U_1 = 220 \text{ В}$ . Показання вольтметрів і номери відгалужень запишіть до таблиці 1.3. Відмітьте особливості вибору відгалужень в порівнянні з дослідом 2.

**Дослід 4.** Виберіть оптимальне положення регулювальних відгалужень трансформаторів моделі при живленні моделі лінії 10 кВ від РТП з трансформатором типу ТМН і *реалізуйте режим стабілізації напруги на шинах 10 кВ.*

Встановіть автотрансформатором напругу  $231 \text{ В}$  при мінімальному навантаженні обох трансформаторів моделі і величина напруги повинна підтримуватися постійно при змінюванні навантаження. Вибрати відгалуження трансформаторів моделі, щоб напруга PV3, PV4 на шинах НН не виходила за межі  $\pm 5\% U_n$ . Показання вольтметрів і номери відгалужень запишіть в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3. - Результати дослідів.

Спосіб регулювання напруги на шинах 10 кВ РТП	Ближній ТП				Віддалений ТП		
	Навантаження	$U_1$	$U_2$	№ положення відгалуження	$U_3$	$U_4$	№ положення відгалуження
		$B$	$B$		$B$	$B$	
ПБЗ	мінімум						
	максимум						
Зустрічне регулювання	мінімум						
	максимум						
Стабілізація	мінімум						
	максимум						

За даними одного з дослідів таблиці 1.3 згідно номера бригади 1, 2, 3 і т.д. побудуйте епюру зміни відхилень напруг в залежності від втрат напруги в моделі, аналогічно наведеній епюрі рис.1.3. Визначте режим регулювання напруги при якому підсумкова допустима втрата напруги має максимальну величину.

Зробіть висновки по роботі, стосовно регулювання напруги та методів визначення відхилення напруги, допустимої втрати напруги в мережі 10 - 0,38 кВ. Визначте режим регулювання напруги при якому підсумкова допустима втрата напруги має максимальну величину.

## Контрольні запитання

1. Назвіть нормативні величини регульованих надбавок напруги споживчих силових трансформаторів  $10/0,4\text{кВ}$  та  $110(35)/10\text{кВ}$ .
2. Яким чином здійснюється зустрічне регулювання напруги та стабілізація напруги. За допомогою якого типу трансформаторів?
3. Якими методами визначається допустима втрата напруги в лінії  $0,38\text{кВ}$  і в лінії  $10\text{кВ}$ ?
4. З якою метою необхідно визначити допустиму величину втрати та відхилення напруги діючої мережі?
5. Складіть технологічну схему вибору відгалуження трансформаторів споживчих ТП  $10/0,4\text{кВ}$  діючої мережі. Побудуйте орієнтований план рішення цієї задачі.
6. Яким чином і за допомогою яких приладів могли б визначити рівні напруги на шинах джерел живлення та на шинах споживчих підстанцій  $10/0,4\text{кВ}$  діючої мережі?



## Література

1. Правила улаштування електроустановок. – Х.: "Форт", 2011, - 732с

2. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Н. М. Зуль – М.: Агропромиздат, 1990 – 495 с.

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

4. Практикум по електропостачанню сільського господарства /Под ред.И.А.Будзко.- М.: Колос, 1982. – 319 с.

5. Притока І. П. Електропостачання сільського господарства / І. П. Притока, Б. В. Мозирський. – Київ: Урожай, 1995 р. - 333 с.

Навчальне видання

## ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи «Дослідження режимів регулювання  
напруги в сільській розподільній мережі 0,38-10 кВ»

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





