



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

## **ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту  
типу РЗЛ-01»  
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»**

**Харків  
2023**

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

## **ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту типу  
РЗЛ-01» для здобувачів другого (магістерського) 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 установки і системи електропостачання: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту типу РЗЛ-01» для здобувачів другого (магістерського) 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. – 17 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 другого (магістерського) 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 мікропроцесорного пристрою релейного захисту типу РЗЛ-01»

#### **Мета роботи:**

1. Вивчення будови, принципу дії та способів регулювання струму спрацювання і часу спрацювання індукційного реле струму РЗЛ-01.

2. Набуття навичок випробування реле.

#### **I. Звіт по роботі повинен мати:**

1. Мету роботи.

2. Принципову електричну схему досліджень(рис. 2).

3. Паспортні дані реле, приладів та обладнання.

4. Розрахунки зроблені згідно таблиці 1 та таблиці 2, 3, 4 з даними вимірювань.

5. Часо - струмову характеристику реле.

6. Висновки по роботі та висновки стосовно відповідності паспортних і дослідних даних реле..

#### **II. Підготовка до виконання роботи.**

1. Пояснення до роботи. Вивчити підрозділ III.

2. Зробіть розрахунки згідно даних таблиці 1 номера бригади. Формули: (1 – 4).

3. Підготуйте необхідні таблиці 2, 3, 4, зробіть розрахунки згідно розділу I.

4. Ознайомтесь з лабораторною установкою та з випробувальним реле. Зробіть креслення електричних схем випробування реле рисунки 2, 3. 5. Запишіть паспортні дані

приладів та обладнання, яке використовується в роботі для проведення дослідів Рисунок 2, 3).

Таблиця 1 - Дані для розрахунку уставок струму спрацювання та часу спрацювання реле

Номер бригади	Робочий максимальний струм, А	Коефіцієнт трансформації трансформатора струму, у. о.	Час спрацювання попереднього захисту, с	Струм к. з. $I^{(3)}$ , А
1	40	15	0,8	400
2	35	20	1	350
3	30	15	0,7	280
4	24	10	0,6	320
5	28	20	0,5	300
6	23	15	1,2	360
7	18	10	0,4	410

### III. Пояснення до роботи

Мікропроцесорний пристрій релейного захисту РЗЛ-01 призначений для виконань функцій релейного захисту, автоматики, управління, реєстрації та сигналізації:

- кабельних та повітряних ліній електропередач напругою 6-35 кВ;
- резервного захисту трансформаторів.

Пристрої призначені для установки в релейних відсіках комірок, в шафах релейних залів і щитах управління електростанцій та підстанцій мережевих і промислових підприємств.

Пристрій може застосовуватися для захисту елементів розподільних мереж в якості самостійного пристрою, так і в

поєднанні з іншими пристроями систем релейного захисту та автоматики.



Рисунок 1 – Загальний вигляд пристрою релейного захисту РЗЛ-01

Переваги пристрою релейного захисту РЗЛ-01 такі:

- функції захисту, автоматики і управління відповідають вимогам нормативних документів;
- широкі можливості налаштування роботи пристрою: функцій дискретних входів, виходів і світлових індикаторів;
- налаштування конфігурації через меню пристрою та / або графічно-призначеного для користувача інтерфейсу встановленого на ПК;
- введення і збереження уставок;
- вільне призначення світлодіодних індикаторів для відображення стану дискретних входів, пуску / роботи за

максимальним струмовим захистом / замикань на землю (МСЗ / ЗНЗ), АПВ, прискорення ступеню МСЗ, а також інших сервісних функцій;

- вибір типу часово-струмової характеристики для одного із ступенів МСЗ;

- вільне призначення дискретних виходів на функції пуску / роботи МСЗ / ЗНЗ, АПВ, ПРВВ, ЛЗШ;

- вільно конфігуровані 16 каналів реєстрації подій (логічні функції та стан дискретного входу / виходу);

- телеуправління, телевимірювання, передача параметрів аварії, введення та зміна уставок по лінії зв'язку;

- самодіагностика та блокування всіх виводів при несправності пристрою;

- гальванічна розв'язка всіх входів і виходів, включаючи живлення.

Функції захисту пристрою релейного захисту РЗЛ-01:

- можливість роботи МСЗ в режимі прискореної відсічки з можливістю вибору активних ступенів для прискорення;

- ненаправлений захист від однофазних замикань на землю;

- логічний захист шин (ЛЗШ);

- можливість підключення зовнішніх захистів.

Функції автоматики:

- дистанційне увімкнення та вимкнення вимикача;

- одне / дворазове АПВ незалежно для кожного ступеня

МСЗ;

- ПРВВ із ступенем контролю струму, що призначається.

Додаткові сервісні функції:

- вбудований годинник та календар;
- вимірювання поточних значень струмів трьох фаз, 3І<sub>о</sub> і відображення їх в первинних / вторинних значеннях;
- цифровий осцилограф (енергонезалежний - 15 осциллограм х 3,75с);
- журнал аварій (енергонезалежний);
- журнал статистики (енергонезалежний);
- ЖК-інтерфейс на декількох мовах: англійська, українська, російська.

Технічні характеристики присторою РЗЛ-01 подані в табл. 2.

Таблиця 2 - Технічні характеристики присторою релейного захисту РЗЛ-01

Параметр	Значення параметра
Номінальний вхідний струм фази, І <sub>ном</sub> / струм нульової послідовності 3І <sub>о</sub> І <sub>нзю</sub>	5А або 1А/1А
Діапазон напруги, частоти	90-250 В АС/DC, 45-55 Гц
Споживана потужність + на кожен дискретний вхід	5 В·А + 0,4 В·А
Максимальний стрибок струму при подачі напруги живлення	10 А, 10 мкс
Короткочасне зникнення напруги живлення (при живленні U <sub>ном</sub> = 220В)	500 мс
Час готовності до самотестування: - при живленні від ланцюгів напруги, не більше - при живленні від струмових ланцюгів, не більше	50 мс 150 мс



Розрахунок струму спрацювання та вибір уставок реле РЗЛ-01, наприклад, для захисту ліній 10 кВ, виконується в наступній послідовності.

Визначається вторинний струм спрацювання захисту:

$$I_{c.z} = \frac{K_n \cdot K_{сп} \cdot K_{сх}}{K_n \cdot n_{ТС}} \cdot I_{p. \max} \quad (1)$$

де  $I_{p. \max}$  - робочий максимальний струм, А

$K_n$  - коефіцієнт надійності, яким враховують неточність визначення струму та реле і який приймається в межах 1,1...1,2;

$K_{сп}$  - коефіцієнт самозапуску, яким враховують збільшення струму навантаження при самозапуску електродвигунів, після спрацювання АПВ 1,1...1,8;

$K_{сх}$  - коефіцієнт схеми, яким враховують збільшення вторинного фазного струму трансформаторів струму по відношенню до первинного струму. При з'єднанні трансформаторів струму в зірку або неповну зірку  $K_{сх} = 1$ ;

$n_{ТС}$  - коефіцієнт трансформації трансформаторів струму;

$$K_n - \text{коефіцієнт повернення реле, } K_n = \frac{I_n}{I_c} \cdot K_n = 0,8 \dots 0,85.$$

Уставку струму спрацювання реле вибирають за паспортними даними вибраного типу реле:

$$I_{y. p} \geq I_{c.z} \quad (2)$$

Струм спрацювання електромагнітного елемента реле, струмової відсічки, визначається:

$$I_{c.z} = \frac{K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{н}}}{n_{\text{ТС}}} \cdot I_{\text{min}}^{(3)} \quad (3)$$

де  $I_{\text{min}}^{(3)}$  - струм трифазного короткого замикання в місці встановлення більш віддаленого від джерела живлення захисту. Для ліній 10 кВ, як правило, приймається струм к.з. в кінці лінії.

Кратність відсічки визначається :

$$K_{\text{в}} = \frac{I_{\text{с.в.}}}{I_{\text{ур}}} \quad (4)$$

де  $I_{\text{ур}}$  - струм уставки по шкалі індукційного елемента реле.

Витримку часу реле вибирають так, щоб спрацював раніше попередній захист на пошкодженій ділянці в системі захисту :

$$t_{c.z} = t_1 - \Delta t \quad (5)$$

де  $\Delta t$  - ступінь селективності, яку приймають при роботі реле в незалежній частині характеристики – 0,6 с, в залежній частині – 0,8 с;

$t_1$  - час спрацювання попереднього струмового захисту, як правило запобіжника захисту силового трансформатора 10/0,4 кВ найбільшої потужності.

Таким чином, при установці реле в схемах МСЗ його потрібно випробувати і налагодити у відповідності до параметрів паспортних і розрахункових даних.

В перевірку входять визначення основних параметрів реле:

- струм початку обертання диску, виражений у відсотках від струму уставки, (20...30)%  $I_{\text{у}}$ ;

- коефіцієнт повернення, який повинен бути в межах не нижче 0,8;

- коефіцієнт надійності, який визначається при визначенні похибки при роботі індукційного і електромагнітного елементів,  $\pm (0,5...0,8)\% I_y$  та похибки в часі, для незалежної частини характеристики  $\pm (0,5...0,25)\% I_y$ ;

- залежність часу спрацювання від струму, який протікає по обмотці реле, для розрахункових даних уставки струму і часу МСЗ.

Коефіцієнт повернення визначається за формулою:

$$K_n = \frac{I_n}{I_{cnp}} \quad (6)$$

де  $I_n$  - струм повернення реле;

$I_{cnp}$  - струм спрацювання реле.

Похибка індукційного елемента визначається:

$$\delta I_i \% = \frac{I_{cd} - I_y}{I_y} \cdot 100 \quad (7)$$

де  $I_{cd}$  - дійсне значення струму спрацювання реле при даній уставці по шкалі;

$I_y$  - уставка реле по шкалі.

Похибка електромагнітного елемента визначається:

$$\delta I_e \% = \frac{I_{cd} - K_e \cdot I_y}{K_e \cdot I_y} \cdot 100, \quad (8)$$

де  $I_{cd}$  - дійсний струм спрацювання електромагнітного елемента;

$I_y$  - струм уставки індукційного елемента;

$k_e$  - кратність відсічки, розрахункова величина.

Похибка реле по часу визначається тільки для незалежної частини характеристики, рис.1:

$$\delta t\% = \frac{t_{cd} - t_y}{t_y} \cdot 100, \quad (9)$$

де  $t_{cd}$  - дійсний час спрацювання реле в незалежній частині характеристики, (при кратності струму 4 і більше);  $t_y$  - уставка часу по шкалі.

З метою виключення випадковостей при вимірах параметрів реле рекомендується підставляти середнє значення із трьох вимірів струму і часу спрацювання.

#### **IV. Послідовність проведення дослідження реле та налагодження його роботи.**

1. Після виконання робіт, визначених в розділі 2, отримайте у керівника дозвіл на проведення досліджень.
2. Зробіть розрахунок уставок реле за вихідними даними для бригади (табл. 1)
3. Після отримання дозволу зберіть електричну схему, рис. 2. Дайте перевірити схему керівникові робіт.
4. Задайте уставки реле РЗЛ-01 згідно розрахунків.
5. Проведіть випробування реле в такій послідовності:

##### *1. Визначення величини коефіцієнта повернення*

Для розрахованої уставки струму спрацювання, визначте величину коефіцієнта повернення. Регулятор струму поставте в нульове положення. Ввімкніть вимикач живлення лабораторного стенду.

Для цього встановіть уставку за струмом. Ввімкніть вимикач і збільшуйте регулятором струм від нуля до спрацювання. Це значення приймається за струм спрацювання при даній уставці. Далі зменшіть струм до відпускання реле. Це значення приймається за струм повернення. Дослід повторіть тричі для даної мінімальної уставки, результати виміру струму спрацювання і повернення записуйте в таблицю 2.

Після проведення досліду регулятор струму поставте в нульове положення, вимкніть вимикач живлення лабораторного стенду. За даними таблиці 2 та за формулами (6, 7) визначте коефіцієнт повернення і похибку роботи реле.

Таблиця 2.

Струм уставки	Струм спрацювання				Струм повернення				Коефіцієнт повернення $K_n$	Похибка $\Delta I_i$
	$I_{спр1}$	$I_{спр2}$	$I_{спр3}$	Сер. знач.	$I_{n1}$	$I_{n2}$	$I_{n3}$	Сер. знач.		
A	A	A	A	A	A	A	A	A		%
$I_{y. \min}$										
$I_{y. \text{роз}}$										

## II. Побудова залежності часу спрацювання реле від струму.

Встановіть на реле, розраховані згідно табл.1 уставки по струму і часу. Електричний секундомір не підключайте до живлення. Ввімкніть вимикач і встановіть регулятором струм, рівний 1,1 струму уставки реле згідно (1) даних табл.2.

Вимикач вимкніть. Приєднайте за допомогою провідника електросекундомір до живлення. Ввімкніть вимикач живлення лабораторного стенду, після спрацювання реле електросекундомір зупиниться. Вимкніть вимикач лабораторного стенду. Запишіть дані часу в таблицю 3. Зробіть важелем скидання показу секундоміра, повторіть дослід іще два рази. Від'єднайте провідник живлення секундоміра.

Таблиця 3.

Уставка			Струм в реле $I_p$	Кратність струму $K = \frac{I_p}{I_y}$	Час спрацювання реле			
по часу $t_y$	по струму $I_{i.y}$	по відсідці $K_{від}$			$t_1$	$t_2$	$t_3$	середнє значення $I_{сер}$
с	А		А		с	с	с	%

Ввімкніть вимикач і регулятором збільшуйте струм до величини 1,5 струму уставки реле. Вимкніть вимикач живлення лабораторного стенду і приєднайте провідник живлення електросекундоміру. Ввімкніть вимикач і дослід повторіть, записуючи дані в таблицю 3. Аналогічно провести по три досліди для кожної кратності 2, 3, 4 струму уставки до величини струму спрацювання відсідки. По закінченні дослідів вимикач вимкнути, регулятор струму установіть в

нульове положення . За результатами дослідів накреслити залежність часу спрацювання реле від кратності струму.

### III. Визначення похибки спрацювання електромагнітного елемента реле.

Для проведення цього дослідів слід зібрати схему за рис.2. Уставку струму відсічки задайте згідно розрахунків. Ввімкніть вимикач і , збільшуючи регулятором струм, доведіть до спрацювання електромагнітного елемента. Величину струму спрацювання запишіть у таблицю 4. Аналогічно проведіть по три дослідів для уставки за струмом спрацювання електромагнітного елемента, розрахованої згідно таблиці 1. За даними вимірів розрахувати похибку (9) спрацювання електромагнітного елемента реле.

Таблиця 4.

Струм уставки	Кратність відсічки	Струм спрацювання				Похибка $\Delta I_e$
		$I_{e.cnp1}$	$I_{e.cnp2}$	$I_{e.cnp3}$	Середнє значення	
$I_{1. y}$	$K_{від}$					
A		A	A	A	A	%

IV. За результатами дослідів і огляду зробити висновок про придатність досліджуваного реле до експлуатації.

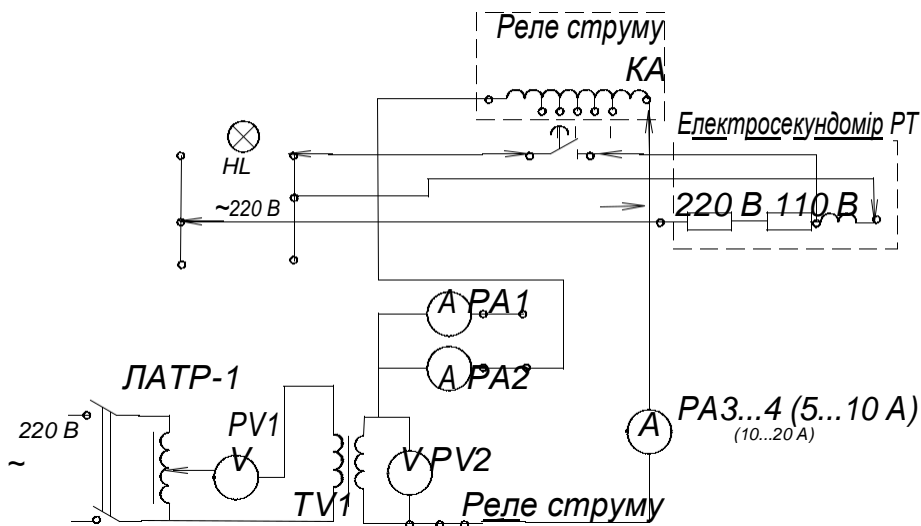


Рисунок 2 – Схема для випробування реле і зняття часо - струмової характеристики.



## **Контрольні запитання**

1. Які переваги пристрою релейного захисту РЗЛ-01 ?
2. Які функції захисту пристрою релейного захисту РЗЛ-01 ?
3. Які функції автоматики пристрою релейного захисту РЗЛ-01 ?
4. Яким чином підбирається потрібна часо-струмова характеристика реле ?

## **Література**

1. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Н. М. Зуль – М.: Агропромиздат, 1990 – 495 с.
2. Будзко И. А. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства / И. А. Будзко. – М.: Колос, 1982. – с.183-192.
3. Какуевицкий Л. Н. и др. Справочник реле защиты и автоматики – М.: Энергия, 1970.
4. Алексеев В. С. Реле защиты / В. С. Алексеев, Г. П. Варганов, Б. Н. Панфилов, Р. З. Роземблум. – М.: Энергия, 1976.
5. Чернобровов Н. В. Релейная защита / Н. В. Чернобровов. – М.: «Энергия», 1985.

Навчальне видання

## ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження мікропроцесорного пристрою релейного захисту  
типу РЗЛ-01»

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





