

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
ДВНЗ "Національний гірничий університет"



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПІ-9  
“СЕЛЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСТУ МЕРЕЖ ПРОМИСЛОВИХ  
ПІДПРИЄМСТВ НАПРУГОЮ ДО 1 кВ”**

Дніпропетровськ  
2011

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
ДВНЗ "Національний гірничий університет"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПП-9  
“СЕЛЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСТУ МЕРЕЖ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ  
НАПРУГОЮ ДО 1кВ”  
для студентів спеціальності “Електротехнічні системи  
електроспоживання”

Дніпропетровськ  
Державний ВНЗ «НГУ»  
2011

Методичні вказівки до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕПП-9 “Селективність захисту мереж промислових підприємств напругою до 1 кВ” для студентів спеціальності “Електротехнічні системи електроспоживання”, / В.Т. Заїка, В.В. Самойленко, Н.Ю. Рухлова, А.С. Румянцев – Д. : Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2011. – 17 с.

Автори: В.Т. Заїка, д-р техн. наук, професор,  
В.В. Самойленко, Н.Ю. Рухлова, А.С. Румянцев

Затверджено до видання редакційною радою Державного ВНЗ «НГУ» за поданням методичної комісії зі спеціальності 7,8.090603 – "Електротехнічні системи електроспоживання" напряму підготовки 050701 – "Електротехніка та електротехнології"

Анотація:

Наведено теоретичні відомості та методика вибору автоматичних вимикачів. Наведено порядок побудови карти селективності захисту. Наведено порядок виконання лабораторної роботи

Відповідальний за випуск заступник завідувача кафедри систем електропостачання С.І. Випанасенко, д-р техн. наук, професор

## МЕТА РОБОТИ

*Закріпити теоретичні знання та здобути практичні навички з питань:*

- *вибору автоматичних вимикачів для різних приєднань;*
- *побудови карти селективності захисту з використанням засобів MS Excel;*

– *перевірки вибірковості захисту по карті селективності.*

*Дослідити вплив струмових та часових уставок автоматичних вимикачів на селективність роботи захисту на різних рівнях розподілу електричної енергії.*

## ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

*Автоматичні вимикачі (АВ)* призначені для автоматичного вимикання електричних кіл при коротких замиканнях або ненормальних режимах роботи (перевантаження, зникнення або зниження напруги), а також нечастого вмикання та вимикання струмів навантаження. Вимикання вимикача при перевантаженнях і струмах короткого замикання виконується вбудованим у вимикач автоматичним пристроєм, який називається максимальним розчеплювачем струму (скорочене розчеплювач).

Розрізняють неструмообмежувальні і струмообмежувальні вимикачі.

Номінальним струмом  $I_{н.в.}$  і напругою вимикача  $U_{н.в.}$  називають значення струму і напруги, які здатні витримувати головні струмоведучі частини вимикача в тривалому режимі. Номінальний струм розчеплювача  $I_{н.розч.}$  може відрізнитися від номінального струму вимикача, оскільки у вимикач можуть бути вбудовані розчеплювачі з меншим номінальним струмом.

АВ характеризується наступними параметрами:

1. Гранична комутаційна здатність (ГКЗ) – максимальне значення струму короткого замикання, яке вимикач здатний ввімкнути та вимкнути, залишаючись в справному стані.
2. Одноразова гранично комутаційна здатність (ОГКЗ) – найбільше значення струму, яке вимикач може вимкнути один раз. (Значення ГКЗ і ОГКЗ відповідає очікуваному струму короткого замикання, який виникає в колі за відсутності даного вимикача і струмообмеження).
3. Електродинамічна стійкість характеризується амплітудою ударного струму короткого замикання, який здатний пропустити вимикач без залишкових деформацій деталей або неприпустимого відкидання контактів, що приводить до їх приварювання або перегорання.
4. Термічна стійкість характеризується допустимим значенням кількості тепла, яке може бути виділене у вимикачі за час дії струму короткого замикання.
5. Власний час вимикання вимикача ( $t_{в.ав.}=0,04...0,09$ ) – час спрацьовування розподільвачів і механізмів вимикача до початку розходження силових контактів (використовується при виборі вимикачів по граничній комутаційній здатності).

6. Повний час вимикання вимикача  $t_{n.ав}$  ( $t_{n.ав} > t_{в.ав}$ ) – час спрацьовування розчеплювачів, механізму вимикача, розходження силових контактів і закінчення гасіння дуги в дугогасійних камерах.

Існують наступні захисні характеристики АВ:

1. *Залежна від струму характеристика часу спрацьовування* (рис. 1). Реалізована у вимикачах, які мають тільки тепловий розчеплювач; характеристика застосовується рідко внаслідок недостатньої граничної комутаційної здатності і швидкодії.

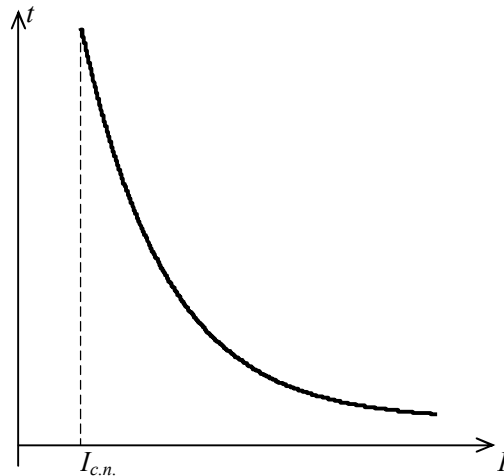


Рис.1. Залежна від струму захисна характеристика АВ.

2. *Незалежна від струму характеристика часу спрацьовування* (рис. 2). Реалізована у вимикачах, які мають тільки струмову відсічку, яка виконана за допомогою електромагнітного або напівпровідникового розчеплювача, який діє без витримки або з витримкою часу  $t_{c.в.}$ .

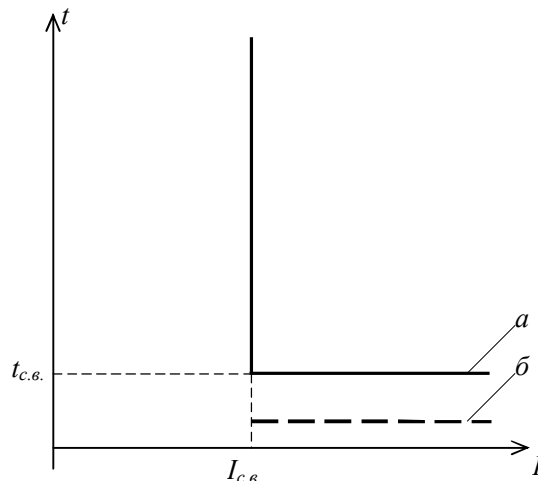


Рис.2. Незалежна від струму захисна характеристика АВ з витримкою часу  $t_{c.в.}$  "а" та без витримки часу "б" при к.з..

3. *Обмежено залежна від струму двоступенева характеристика часу спрацьовування* (рис. 3). Реалізується у вимикачах, які мають або тепловий і електромагнітний (комбінований) розчеплювач, або двоступеневий

електромагнітний розчеплювач. В зоні струмів перевантаження вимикач вимикається із залежною від струму витримкою часу, в зоні струмів короткого замикання вимикач вимикається струмовою відсічкою з незалежною від струму, наперед встановленою, витримкою часу  $t_{c.в.}$  (для селективних вимикачів) або без витримки часу (для неселективних вимикачів).

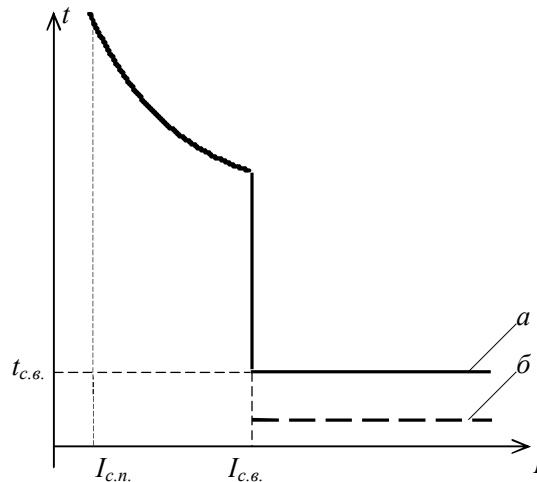


Рис.3. Обмежено залежна від струму двоступенева захисна характеристика АВ з витримкою "а" та без витримки "б" часу при к.з.

$I_{c.п.}$   $I_{c.в.}$  – струм спрацювання відповідно від перевантаження та відсічки.

4. *Триступенева захисна характеристика* (рис. 4). Реалізована у вимикачах, які мають напівпровідниковий розчеплювач і застосовується для захисту вводу в КТП і ліній що відходять; в зоні струмів перевантаження вимикач відключається із залежною від струму витримкою часу, в зоні струмів короткого замикання – з незалежною, наперед встановленою, витримкою часу (зона селективності відсічки), а при близьких коротких замиканнях – без витримки спрацювання; зона миттєвого спрацювання призначена для зменшення тривалості дії струмів при близьких коротких замиканнях.

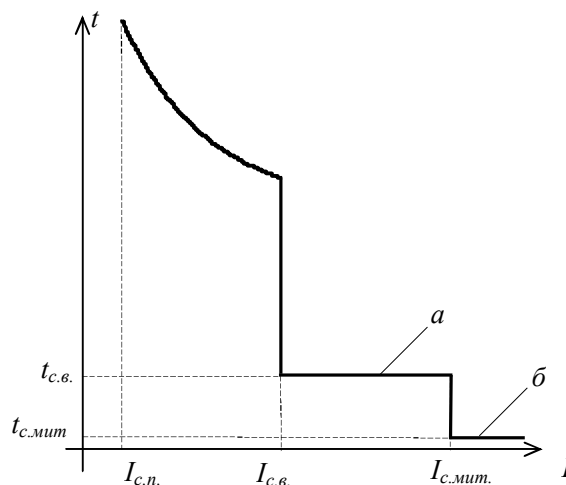


Рис.4. Триступенева захисна характеристика АВ з витримкою часу "а" та без витримки часу "б" при к.з.

## МЕТОДИКА ВИБОРУ ЗАХИСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМАТИЧНОГО ВИМИКАЧА

**Основні положення.** Для вибору захисної характеристики автоматичного вимикача необхідно знати рівень розподілу електроенергії та місце знаходження АВ в СЕП, режими роботи електроприймача (групи ЕП), вимоги до захисту: час спрацювання захисту при перевантаженнях; час спрацювання при струмах к.з.

Звичайно мережі напругою до 1 кВ рекомендується проектувати з двома-трьома рівнями розподілу електроенергії (перший рівень – відгалудження до споживача; другий рівень – силовий пункт або розподільний шинопровід; третій рівень – магістральний шинопровід від трансформатора).

На першому рівні розподілу електроенергії (окремі ЕП) для ЕП, при роботі яких відсутні перевантаження, доцільно використовувати незалежну від струму характеристику часу спрацювання, а для ЕП зі змінним режимом роботи можливо застосування залежної від струму або обмежено залежної від струму двоступеневої характеристики часу спрацювання захисту автоматичного вимикача.

Для другого і третього рівня розподілу електроенергії найбільш доцільно застосовувати триступеневу або обмежено залежну від струму двоступеневу характеристику часу спрацювання захисту автоматичного вимикача.

Вибір часу спрацювання струмових і миттєвих відсічок повинен виконуватися на основі принципу, що час спрацювання на більш низькому рівні повинен бути більшим, ніж на попередньому рівні.

**Порядок вибору АВ.** Вибір автоматичних вимикачів виконують за умовами роботи в нормальному режимі і умовами стійкості при коротких замиканнях.

Вибір за умов нормального режиму виконується виходячи з таких умов:

відповідність номінальної напруги автоматичного вимикача  $U_{ном.авт}$  номінальній напрузі мережі  $U_M$ :

$$U_{ном.авт} \geq U_M ;$$

відповідність максимальному робочому струму в тривалому режимі для індивідуального електроприймача  $I_{макс}$  або групи електроприймачів номінальному струму автоматичного вимикача  $I_{ном.авт}$ :

$$I_{ном.авт} \geq I_{макс} .$$

Для реалізації необхідної захисної характеристики автоматичного вимикача вибирається відповідний розчеплювач (електромагнітний; тепловий; комбінований; напівпровідниковий). Далі виконується вибір уставок автоматичного вимикача залежно від захисту і вибраного розчеплювача.

При захисті від перевантаження

$$I_{c.n.} \geq 1,25 \cdot I_{макс};$$

При захисті від струмів к.з. (струмова відсічка)

$$I_{c.в.} \geq 1,25 \cdot i_{пик}, \text{ або } I_{c.в.} \geq 1,25 \cdot i_{пуск},$$

де  $i_{пик}$  – значення пікового струму для групи електроприймачів, А;  
 $i_{пуск}$  – значення пускового струму окремого електроприймача, А.

Час спрацьовування відсічки визначається за формулою:

$$t_{c.в.i} \geq t_{c.в.i+1} + \Delta t,$$

де  $i$  – рівень розподілу електроенергії;

$t_{c.в.i}$  – витримка часу спрацьовування відсічки автоматичного вимикача на  $i$ -му рівні розподілу електроенергії, с;

$\Delta t$  – витримка часу між послідовно включеними автоматичними вимикачами, с,  
( $\Delta t = 0,1 \dots 0,2$  с).

Час спрацьовування захисту від перевантаження приймається з умови неспрацьовування захисту при пуску або самозапуску електродвигуна:

$$t_{c.n.} \geq (1,5 \dots 2) \cdot t_{пуск},$$

де  $t_{c.n.}$  – час спрацьовування захисту при струмі, рівному пусковому;  $t_{пуск}$  – тривалість пуску або самозапуску.

## ПОБУДОВА КАРТИ СЕЛЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ

Для перевірки селективності захисту в установках напругою до 1 кВ будується карта селективності захисту. Карта селективності захисту є зіставленням на одному графіку робочих, захисних і аварійних характеристик послідовно розташованих один за одним ступенів розподілу електроенергії.

**Примітка.** Селективність захисту забезпечується в тому разі, якщо захисні характеристики послідовно включених автоматичних вимикачів, побудовані з урахуванням розкиду по струму і часу спрацьовування, не перетинаються.

Для побудови карти селективності захисту заздалегідь визначають:

- рівні розподілу електроенергії, що розглядаються, складається схема;
- розрахункові, пікові і струми короткого замикання в необхідних точках;
- вибирають автоматичні вимикачі і їх захисні характеристики.

Карта селективності будується в логарифмічному масштабі; по осі абсцис відкладаються струми розрахункові, пікові і струми короткого замикання; по



осі ординат – часи тривалості пікових струмів і часи спрацьовування захистів по захисних характеристиках.

Розглянемо особливості побудови карти.

### 1. Побудова робочої характеристики одного (групи) ЕП.

Для цього необхідно знати:

номінальний (максимальний) струм  $I_{\text{ном}}$  ( $I_M$ );

пусковий (піковий) струм  $i_{\text{пуск}}$  ( $i_{\text{пік}}$ );

час пуску (піку) електроприймача  $t_{\text{пуск}}$  ( $t_{\text{пік}}$ ).

На підставі цих даних будується робоча характеристика одного (групи) електроприймача. Приклад побудови наведено на рис. 5.

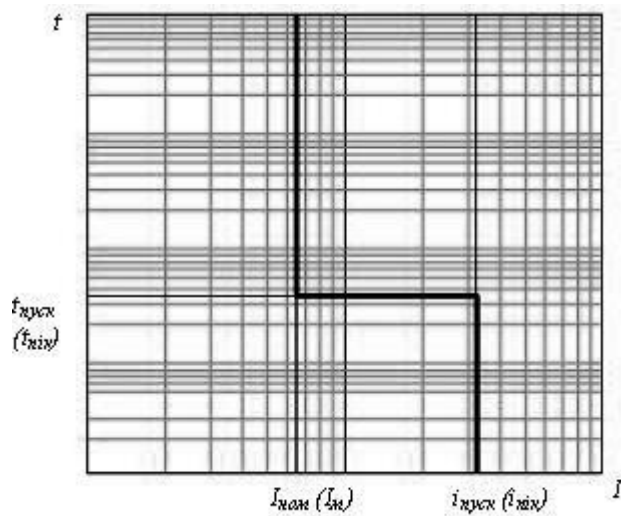


Рис.5. Робоча характеристика одного (групи) ЕП

### 2. Побудова захисної характеристики АВ.

Перед початком побудови необхідно мати: тип автоматичного вимикача; вид захисної характеристики; струм розчеплювача ( $I_{\text{розч.}}$ ); час вимикання автомата при перевантаженні ( $t_{\text{від.}}$ ); струм спрацьовування відсічки ( $I_{\text{с.в.}}$ ); час спрацьовування відсічки ( $t_{\text{с.в.}}$ ); струм спрацьовування миттєвого захисту ( $I_{\text{с.мит.}}$ ); час спрацьовування миттєвого захисту ( $t_{\text{с.мит.}}$ ).

Побудова виконується таким чином: відкладають тонкі вертикальні прямі відповідні значенням струму розчеплювача, струму спрацьовування відсічки, струму спрацьовування миттєвого захисту; відкладають тонкі горизонтальні прямі відповідні часу вимикання при перевантаженнях, спрацьовування відсічки, спрацьовування миттєвого захисту.

Будують криву захисту при перевантаженнях між вертикальними прямими, які відповідають значенням струму розчеплювача та струму спрацьовування відсічки. Після чого наводять характеристику. Приклад побудови наведено на рис. 6.

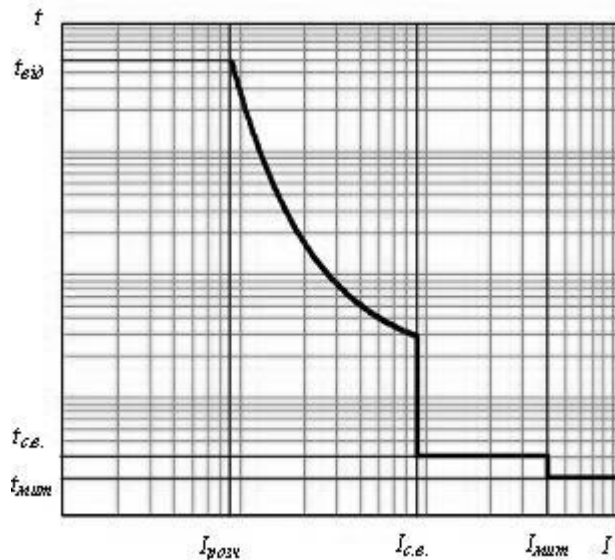


Рис.6. – Захисна характеристика автоматичного вимикача

### 3. Побудова аварійних характеристик.

Для побудови потрібні значення струмів трифазного і однофазного к.з.

Побудова даної характеристики полягає в проведенні вертикальних прямих відповідних значенням струмів трифазного й однофазного короткого замикання. Приклад побудови наведений на рис.7.

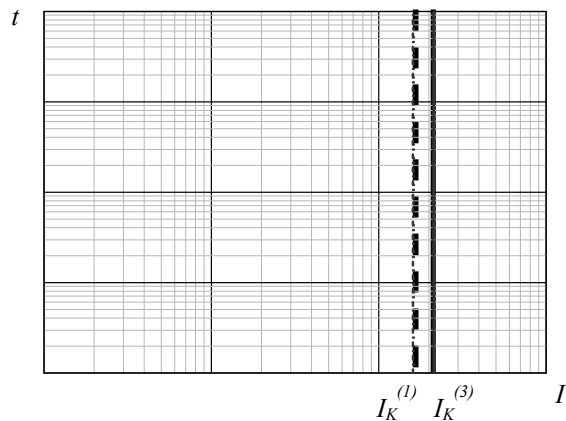


Рис.7. Аварійні характеристики

Всі вище наведені побудови виконуються на одному графіку, внаслідок чого виходить карта селективності захисту.

На рис. 8 наведено приклад карти селективності захисту для трьохрівневої мережі розподілу електроенергії, на якому видно, що селективність захисту забезпечується, оскільки захисні характеристики послідовно включених автоматичних вимикачів, побудовані з урахуванням розкиду по струму і часу спрацьовування, не перетинаються.

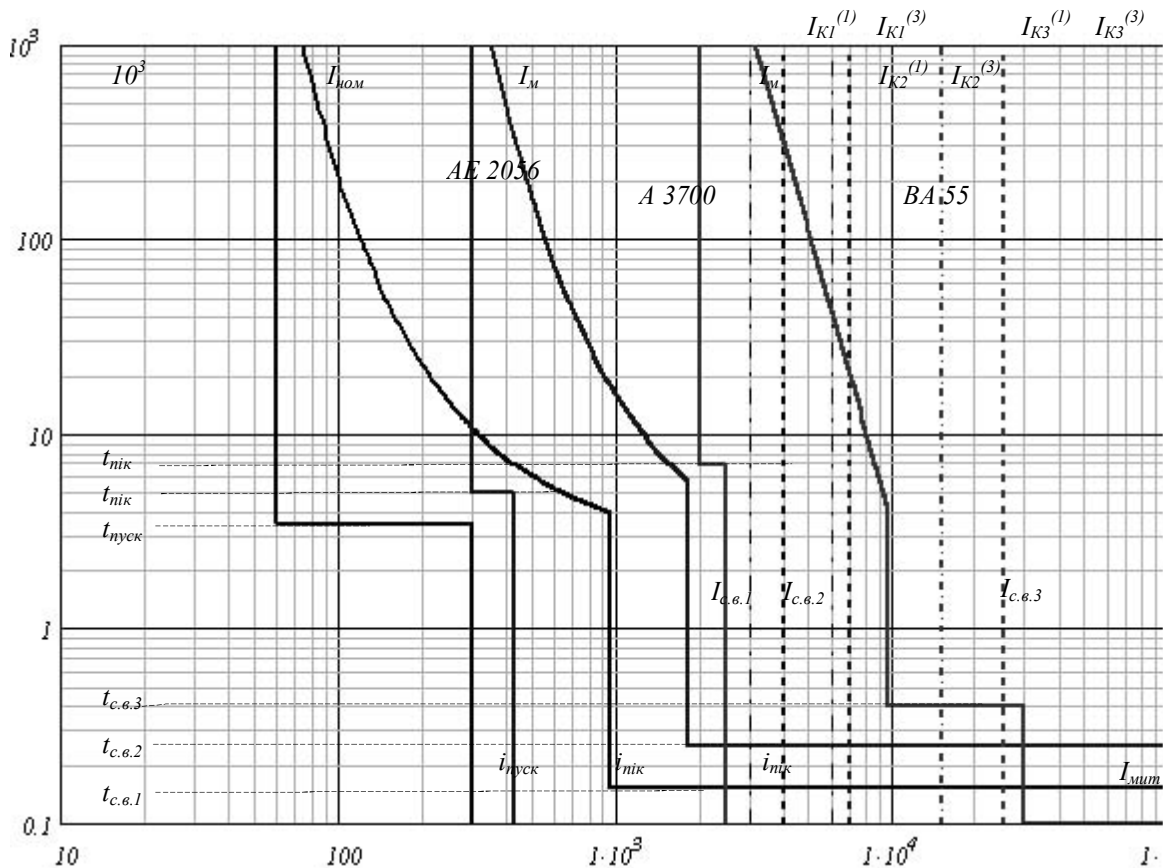


Рис. 8. Приклад карти селективності захисту.

## ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Перед виконанням роботи необхідно вивчити методику вибору захисної характеристики автоматичного вимикача, вибору автоматичних вимикачів, побудови карти селективності

Далі заздалегідь за указівкою викладача отримати завдання із додатку А і самостійно вибрати автоматичні вимикачі та їх захисні характеристики для двох або трьохрівневої схеми розподілу електроенергії (вказується в завданні).

Кінцевим результатом і головною метою виконання даної лабораторної роботи є побудова карти селективності захисту за допомогою моделюючої програми, що розроблена за допомогою пакету MS Excel

Карта необхідна для того, щоб перевірити, чи виконується селективність захисту в даній схемі розподілу електричної енергії при різних режимах роботи ЕП.

Для побудови карти селективності необхідно заздалегідь підготувати таблиці для введення даних про приєднання і вибрані автоматичні вимикачі. Потрібні наступні параметри:

1. Приєднання:

- номінальний (максимальний) струм –  $I_{ном}$  ( $I_M$ );
- пусковий (піковий) струм –  $i_{пуск}$  ( $i_{ник}$ );
- час тривалості пускового (пікового) струму –  $t_{пуск}$  ( $t_{ник}$ ).
- струм трифазного к.з. для розрахункової точки К –  $I_K^{(3)}$  ;

- струм однофазного к.з. для розрахункової точки К –  $I_K^{(1)}$ ;

2. Характеристики автоматичного вимикача:

- тип автомата;
- номінальний струм –  $I_{ном.авт.}$ ;
- струм розчеплювача –  $I_{розч.}$ ;
- час вимикання автомата при перевантаженні –  $t_{від.}$ ;
- струм спрацьовування відсічки –  $I_{с.в.}$ ;
- час спрацьовування відсічки –  $t_{с.в.}$ ;
- струм спрацьовування миттєвого захисту –  $I_{с.мит.}$ ;
- час спрацьовування миттєвого захисту –  $t_{с.мит.}$ .

Перераховані параметри зводимо у вигляді наступних таблиць для кожного з приєднань і автоматичних вимикачів.

Таблиця 1

Параметри приєднання		
параметр	одиниці вимірювання	значення
$I_{ном} (I_M)$	<i>A</i>	
$i_{пуск} (i_{нік})$	<i>A</i>	
$t_{пуск} (t_{нік})$	<i>с</i>	
$I_K^{(3)}$	<i>кА</i>	
$I_K^{(1)}$	<i>кА</i>	

Таблиця 2

Параметри автомата		
<i>тип автомата</i>		
параметр	одиниці вимірювання	значення
$I_{ном}$	<i>A</i>	
$I_{розч}$	<i>A</i>	
$t_{від}$	<i>с</i>	
$I_{с.в}$	<i>A</i>	
$I_{с.в.мит}$	<i>A</i>	
$t_{с.в}$	<i>с</i>	
$t_{мит}$	<i>с</i>	

Для побудови карти селективності необхідно відкрити файл «ЕРР-9.xls», та на листі «Read Me» ознайомитися з керівництвом по використанню програми. На листі «General» вказати в відповідних полях дані студента згідно зі зразком (рис. 9). Для побудови захисних характеристик комутаційних апаратів необхідно ввести значення струмів та відповідного часу відключення на листі «FSC» (рис. 10). Захисна характеристика будується тільки після вводу типу комутаційного апарату в полі «Обозначение» Значення струмів повинні бути в межах від 1 А до 100000 А, а часу – від 0,001 с до 10000 с. Для побудови точки перегину захисної характеристики необхідно залишити пусту строку або 2 рази ввести однакові значення. Захисні характеристики будуються на листі «Kennlinien<>Curves» (рис. 11). На роздрукованому графіку необхідно навести робочі та аварійні характеристики приєднань. Приклад побудови карти селективності наведено на рис. 12.

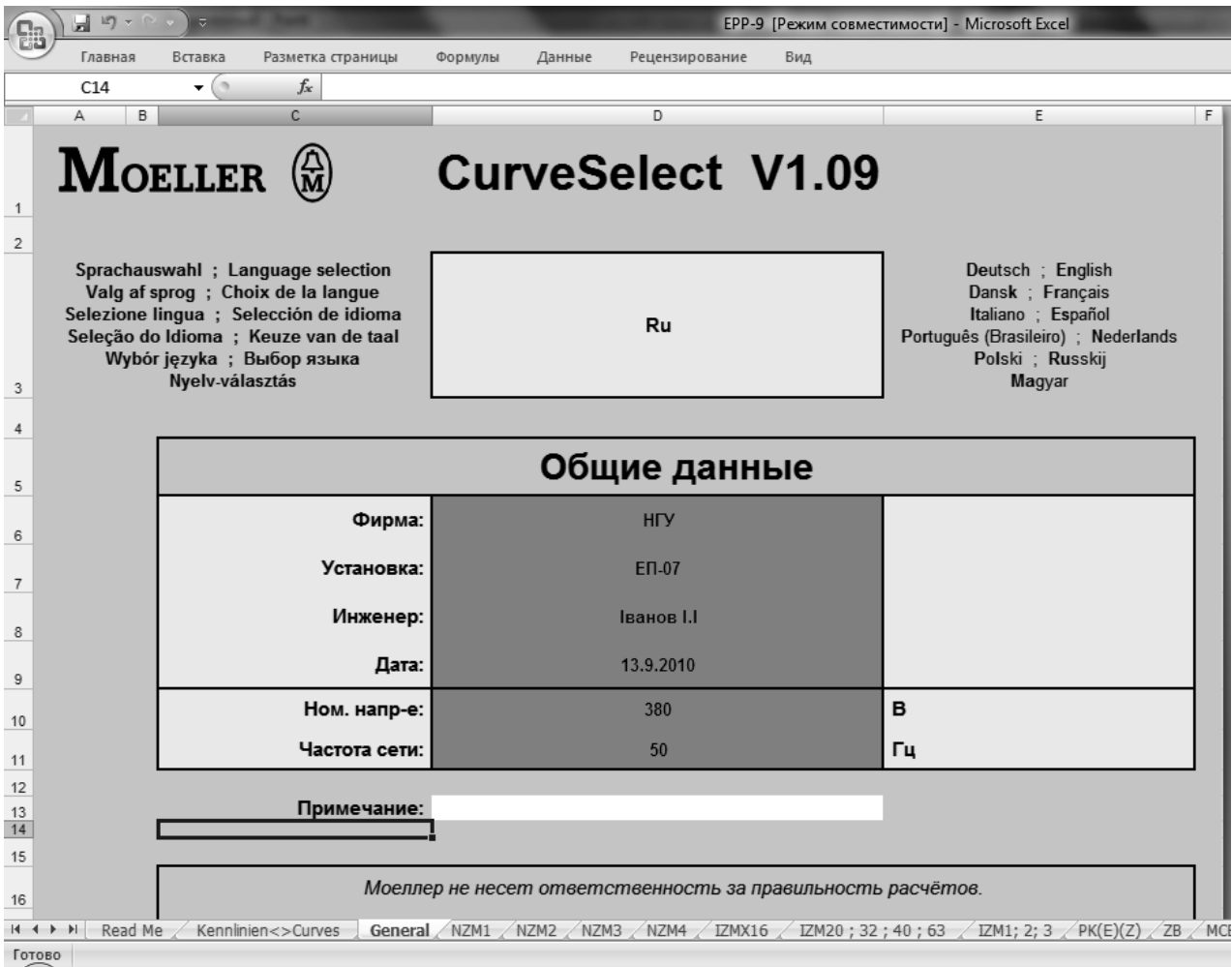


Рис.9. Заполнения персональных даних студента.

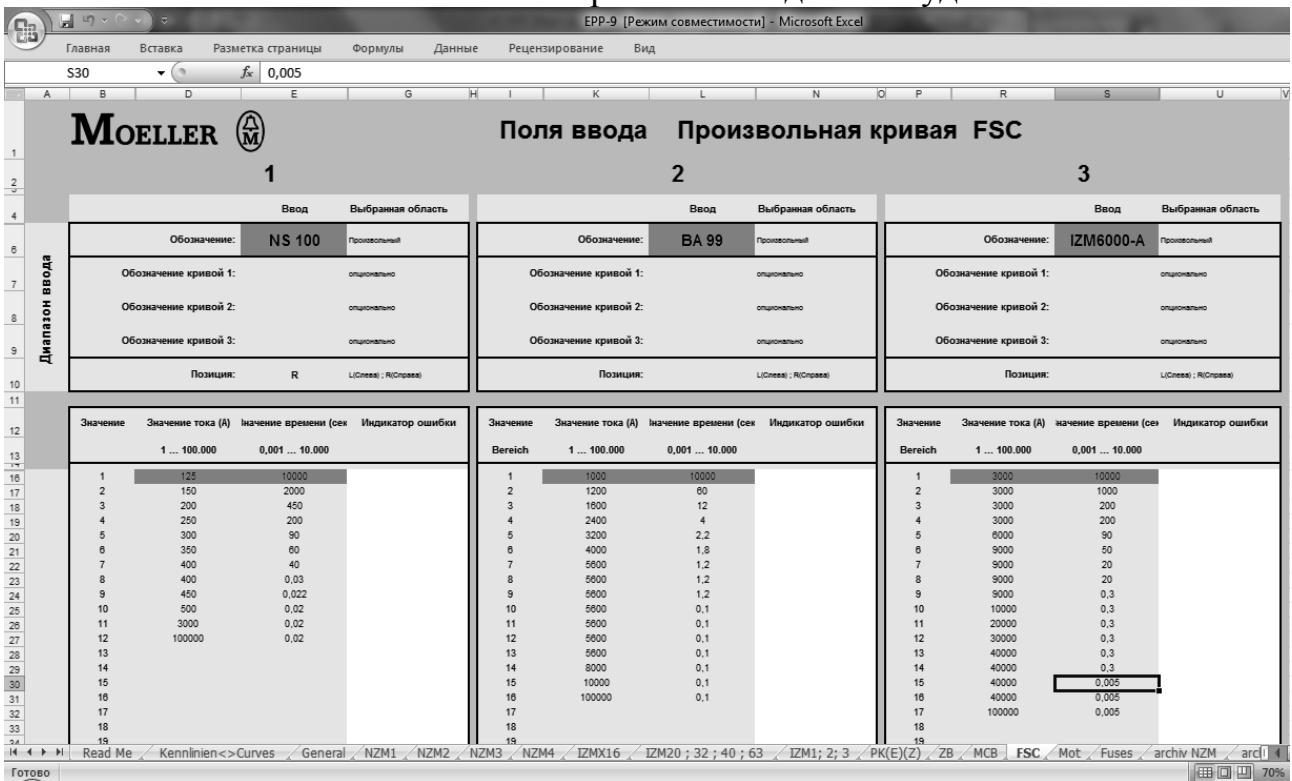


Рис. 10. Поля вводу значень захисних характеристик.

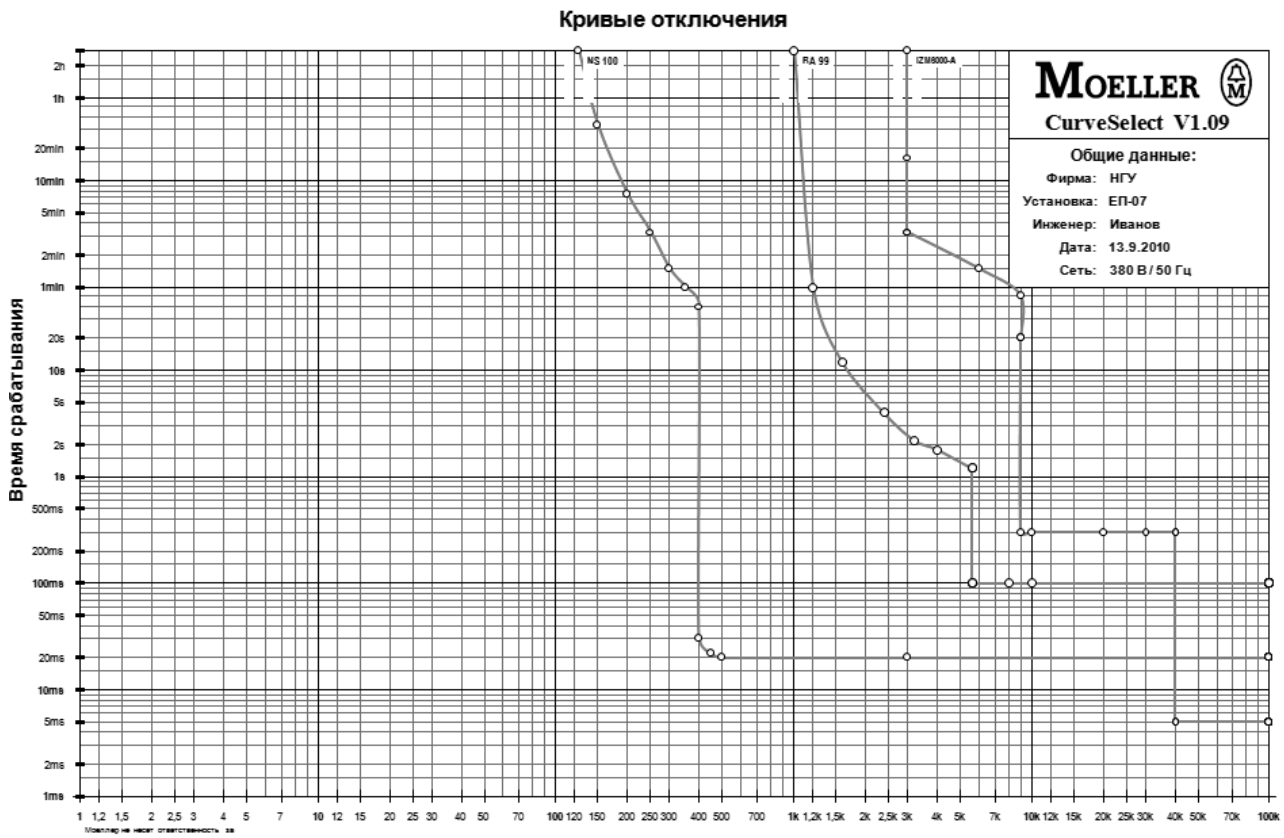


Рис. 11. Захисні характеристики комутаційних апаратів.

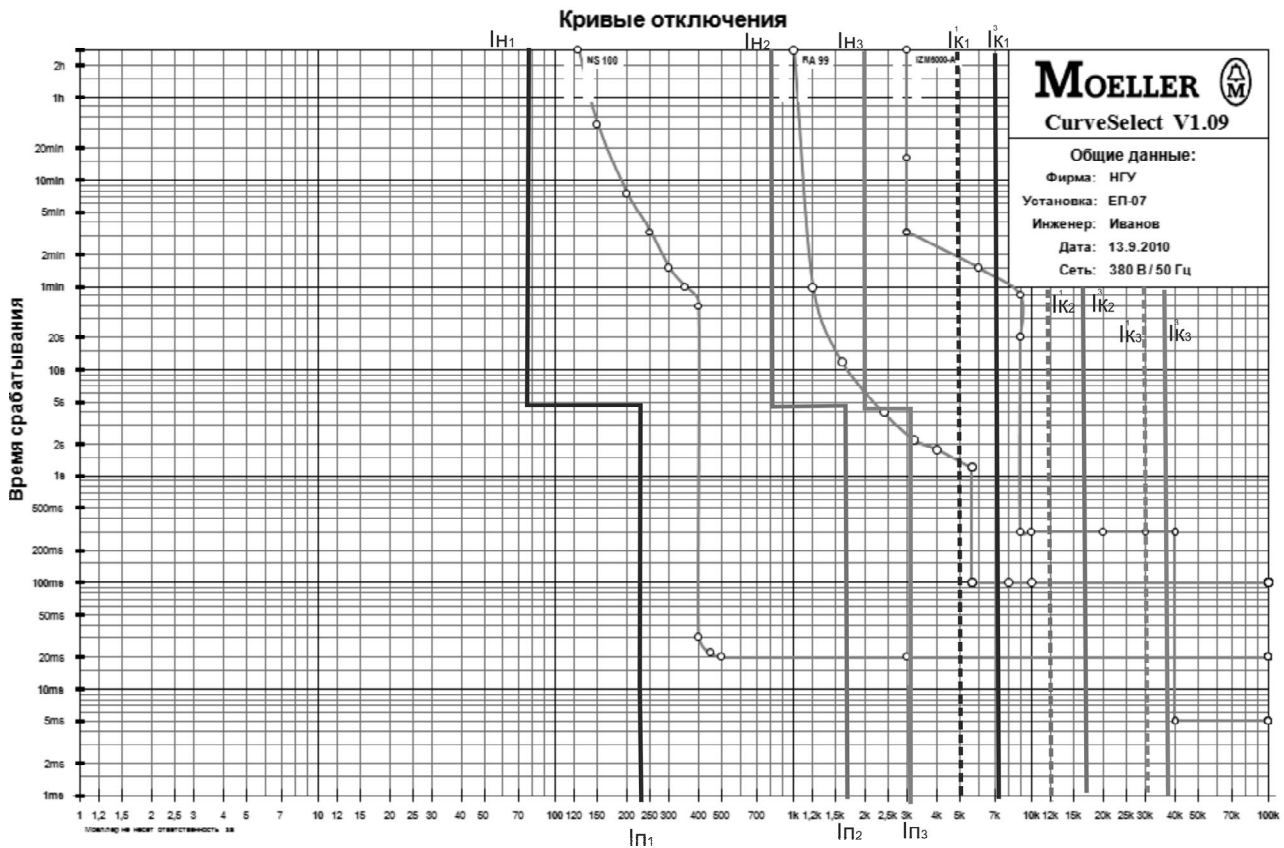


Рис. 12. Приклад побудови карти селективності.

По отриманій карті селективності виконуємо перевірку селективності захисту. Селективність захисту забезпечується, якщо захисні характеристики послідовно

ввімкнених автоматичних вимикачів не перетинаються. Інакше необхідно виконати узгодження вибраних уставок струмових відсічок і тривалості їх спрацьовування.

## **ЗМІСТ ЗВІТУ**

1. Найменування і мета роботи.
2. Умови завдання, схема розподілу електроенергії.
3. Вибір захисних характеристик автоматичних вимикачів.
4. Вибір автоматичних вимикачів.
5. Таблиці по приведеній формі.
6. Карта селективності захисту.
7. Висновки.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Призначення автоматичного вимикача.
2. Чому номінальний струм розчеплювача може відрізнятись від номінального струму автоматичного вимикача?
3. Перерахуйте основні параметри автоматичного вимикача.
4. Наведіть переваги та недоліки основних типових захисних характеристик автоматичних вимикачів.
5. Поясніть, на підставі яких параметрів слід вибирати вид захисної характеристики автоматичного вимикача.
6. Як виконується вибір часу спрацьовування відсічок?
7. Викладіть суть методики вибору уставок АВ.
8. Що собою уявляє карта селективності
9. Поясніть сутність поняття "селективність захисту".
10. Який порядок побудови карти селективності?
11. Як за картою селективності оцінити селективність захисту?

## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Федоров А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. / А.А. Федоров, Л.Е. Старкова – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
2. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. / А.В. Беляев – Л. : Энергоиздат, 1988. – 176 с.

## ДОДАТОК А

### Завдання

Вибрати захисні характеристики і автоматичні вимикачі для заданої схеми за наступними параметрами:

- кількість рівнів розподілу електроенергії  $n_p$ ;
- рівень 1 (окремий електроприймач):
  - номінальний струм  $I_{ном}$ ;
  - пусковий струм  $i_{пуск}$ ;
  - час тривалості пускового струму  $t_{пуск}$ ;
  - струм трифазного короткого замикання для розрахункової точки  $K_1$   $I_{K_1}^{(3)}$ ;
  - струм однофазного короткого замикання для розрахункової точки  $K_1$   $I_{K_1}^{(1)}$ ;
- рівень 2 (група електроприймачів):
  - максимальний струм  $I_M$ ;
  - піковий струм  $i_{пик}$ ;
  - час тривалості пікового струму  $t_{пик}$ ;
  - струм трифазного короткого замикання для розрахункової точки  $K_2$   $I_{K_2}^{(3)}$ ;
  - струм однофазного короткого замикання для розрахункової точки  $K_2$   $I_{K_2}^{(1)}$ ;
- рівень 3 (група електроприймачів):
  - максимальний струм  $I_M$ ;
  - піковий струм  $i_{пик}$ ;
  - час тривалості пікового струму  $t_{пик}$ ;
  - струм трифазного короткого замикання для розрахункової точки  $K_3$   $I_{K_3}^{(3)}$ ;
  - струм однофазного короткого замикання для розрахункової точки  $K_3$   $I_{K_3}^{(1)}$ .

Параметри для кожного з варіантів приведені в табл. А1.

Для вибраних автоматичних вимикачів побудувати карту селективності захисту. Виконати перевірку селективності захисту.



## Вихідні дані

варіант	n <sub>p</sub>	рівень 1					рівень 2					рівень 3				
		$I_{ном},$ А	$i_{пуск},$ А	$t_{пуск},$ с	$I_{K_1}^{(1)},$ кА	$I_{K_1}^{(3)},$ кА	$I_M,$ А	$i_{нік},$ А	$t_{нік},$ с	$I_{K_2}^{(1)},$ кА	$I_{K_2}^{(3)},$ кА	$I_M,$ А	$i_{нік},$ А	$t_{нік},$ с	$I_{K_3}^{(1)},$ кА	$I_{K_3}^{(3)},$ кА
1	3	28,5	171,2	3,5	1,25	2,1	178,6	215,4	5,1	2,75	3,25	1218	1421	6,8	5,3	6,9
2	3	95,6	390,5	3,4	1,36	2,2	525,8	490,5	5,0	3,12	3,8	2256	2452	6,8	8,2	9,5
3	3	64,6	387,6	3,3	1,58	2,4	311,2	458,8	5,0	3,36	4,1	2678	2980	6,9	8,1	10,3
4	3	89,1	490,1	3,2	1,42	2,3	438,5	505,3	5,0	3,25	3,95	3654	3875	6,9	8,3	10,5
5	3	38,5	231	3,2	1,73	2,25	205,6	266,6	5,3	3,26	3,85	2220	2446	7,0	6,25	9,2
6	2	146,7	440,1	3,1	1,52	2,6	1256	1481	6,8	3,65	4,2	-	-	-	-	-
7	3	54,8	301,4	3,0	1,45	2,7	278,6	322,6	5,3	2,45	2,98	1450	1593	7,0	6,5	8,7
8	3	23,1	138,6	3,8	1,26	1,95	169,5	211,2	5,2	2,36	3,12	1236	1585	7,1	5,12	7,15
9	2	149,9	449,7	3,7	3,23	1,85	2230	2480	7,3	7,4	8,25	-	-	-	-	-
10	3	45,6	250,8	3,6	2,1	2,85	287,6	345,6	5,3	3,2	4,1	2365	2425	7,1	5,13	7,19
11	3	47,8	286,8	3,6	2,25	2,9	326,7	421,1	5,6	3,2	4,15	3658	3995	7,1	9,19	11,18
12	3	54,4	299,2	3,5	1,4	2,3	411,3	487,6	5,7	3,6	4,4	2145	2496	7,0	5,25	6,98
13	3	32,2	193,2	3,5	1,5	2,5	174,2	215,6	5,2	3,7	4,8	3265	3875	6,9	10,23	11,13
14	3	78,8	433,4	3,4	1,95	3,1	511,2	595,2	5,9	3,56	4,6	1254	1563	6,9	6,2	9,2
15	3	69,5	347,5	3,9	1,8	2,6	423,3	487,3	5,6	3,8	4,58	3652	3888	7,0	11,7	13,3
16	2	92,3	507,7	3,7	1,78	2,7	545,6	611,1	7,1	6,4	8,3	-	-	-	-	-

варіант	n <sub>p</sub>	рівень 1					рівень 2					рівень 3				
		$I_{ном},$ А	$i_{пуск},$ А	$t_{пуск},$ с	$I_{K_1}^{(1)},$ кА	$I_{K_1}^{(3)},$ кА	$I_M,$ А	$i_{нік},$ А	$t_{нік},$ с	$I_{K_2}^{(1)},$ кА	$I_{K_2}^{(3)},$ кА	$I_M,$ А	$i_{нік},$ А	$t_{нік},$ с	$I_{K_3}^{(1)},$ кА	$I_{K_3}^{(3)},$ кА
17	3	54,5	327,0	3,6	1,26	2,38	326,6	398,9	4,9	3,3	4,2	2985	3560	7,0	9,5	12,5
18	3	68,5	376,8	3,5	1,57	2,42	487,6	521,2	4,8	3,2	4,1	3698	3988	7,0	11,05	14,6
19	2	158,6	793	2,9	1,68	2,56	1268	1429	6,8	5,3	7,3	-	-	-	-	-
20	3	58,8	351	3,0	1,39	2,34	458,6	537,2	5,7	3,3	4,3	2564	3660	7,0	9,3	12,8
21	3	66,6	399,6	3,2	1,28	1,78	325,5	378,6	5,9	3,4	4,1	1236	1498	6,9	5,6	6,8
22	3	77,9	428,5	3,4	1,26	1,83	255,6	299,2	5,5	2,8	3,6	2314	2425	6,9	9,3	13,5
23	2	144,5	578	3,8	1,23	1,63	2230	2428	7,3	6,7	6,9	-	-	-	-	-
24	3	39,8	238,8	3,5	1,75	2,54	225,8	269,9	5,0	2,9	4,12	2362	2463	7,0	7,8	9,6
25	3	32,5	195	3,2	1,74	2,58	166,4	235,6	5,2	2,78	4,18	2132	2435	7,0	6,9	8,6
26	3	56,6	379,5	3,6	1,08	1,67	295,5	324,4	5,6	3,3	4,0	2236	2498	7,2	8,1	10,2
27	3	76,6	599,6	3,0	1,58	1,98	425,5	578,6	5,9	4,1	5,8	1436	1578	7,3	6,9	7,8
28	2	138,6	693	3,9	1,86	2,68	1488	1630	6,6	6,3	8,1	-	-	-	-	-
29	3	52,9	468,7	3,5	1,35	1,88	356,3	398,6	5,8	3,6	4,3	1458	1675	7,1	7,3	10,8
30	2	116,1	580,5	3,8	1,56	2,32	1121	1321	5,8	5,8	7,2	-	-	-	-	-

Автори:  
Заїка Володимир Терентійович  
Самойленко Вікторія Венедіївна  
Рухлова Наталія Юріївна  
Румянцев Андрій Сергійович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПІ-9  
“СЕЛЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСТУ МЕРЕЖ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ  
НАПРУГОЮ ДО 1кВ”

Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку \_\_\_\_\_ Формат 30x42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум.друк. арк. 0,9.  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 40 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.