

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

ВИКОРИСТАННЯ
СТРУМОВИМІРЮВАЛЬНИХ КЛІЩІВ ДЛЯ
ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО
ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
№5

З КУРСУ "ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ"

для студентів спеціальності 7.000008
“Енергетичний менеджмент”

Київ 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

ВИКОРИСТАННЯ
СТРУМОВИМІРЮВАЛЬНИХ КЛІЩІВ ДЛЯ
ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО
ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
№5

З КУРСУ "ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ"

для студентів спеціальності 7.000008
“Енергетичний менеджмент”

Затверджено

Вченою радою ІЕЕ

Протокол № 6 від “12” лютого 2015_р.

Київ 2015

Використання струмовимірювальних кліщів для проведення енергетичного аудиту. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №5 з курсу “Енергетичний аудит” для студентів спеціальності 7.000008 “Енергетичний менеджмент”. Укл. В.В. Прокопенко, О.О.Закладний – К.: НТУУ”КПІ”, 2015. – с.24

Мета даної розробки – методична допомога студентам при вивченні курсу “Енергетичний аудит”, які дозволяє закріпити теоретичні знання, отримати навички їх практичного використання, опанувати методики аналізу технічно можливих заходів підвищення енергетичної ефективності технологічних процесів, визначення потенціалу енергозбереження при застосуванні вибраних енергозберігаючих заходів.

Укладачі: В.В.Прокопенко, канд.техн.наук, доц.
О.О.Закладний, канд.техн.наук, доц.

Рецензенти: М.М. Федосенко, канд.техн.наук, доц.

Відповідальний редактор: Несен Л.І., канд.техн.наук, доц.

ЗМІСТ

1 Основні теоретичні відомості.....	5
1.1 Призначення та класифікація струмовимірювальних приладів.....	5
1.2 Призначення, основні характеристики комплексного вимірювального приладу Rustrak Ranger	10
2. Робота приладу.....	15
2.1 Початок роботи.....	15
3. Робоче завдання.....	18
4. Завдання лабораторної роботи.....	19
5. Оброблення результатів багатократних спостережень.....	19
6. Виконання лабораторної роботи.....	20
7. Контрольні запитання.....	22
Список літератури.....	23

ВИКОРИСТАННЯ ПРИЛАДУ RUSTRAK ДЛЯ ЕНЕРГОАУДИТУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.

Мета роботи: Ознайомити студентів з використанням приладу RUSTRAK для енергоаудиту та підвищити навички дослідження електричних навантажень за допомогою даного приладу.

1 Основні теоретичні відомості

1.1 Призначення та класифікація струмовимірювальних приладів

Струмовимірювальні кліщі - прилад який дозволяє вимірювати силу змінного і постійного струму безконтактним способом, за рахунок феритових вставок і електромагнітної індукції. Незамінний прилад на автосервісі, при електромонтажних роботах і в силовій електроніці. Виробники: UNI-T, Mastech, Fluke, Pro'sKit.

Провести вимір протікає по провідникам змінного або постійного струму не розриваючи електричний ланцюг, можна тільки за допомогою струмових кліщів. Це дозволяє контролювати споживану різними установками і приладами силу електричного струму без зупинки роботи обладнання і виконання додаткових монтажних робіт.

Принцип дії струмовимірювальних кліщів заснований на тому, що струм, що протікає в провіді створює магнітне поле навколо себе. Якщо це поле змінне, то згідно закону електромагнітної індукції в іншому провіднику, що охоплює провід зі струмом, виникає ЕРС, яка при певних умовах пропорційна вимірюваному току. Т.ч., вимірявши напругу на вищевказаному провіднику, можливо визначити величину вимірюваного струму. Як видно, принцип дії струмовимірювальних кліщів заснований на тих же законах, що і принцип дії електричного трансформатора.



Рис. 1.1 – Конструкція струмовимірювальних кліщів

Найбільш поширена конструкція струмових кліщів:

1. Магнітопровід у формі кліщів;

2. Кнопка розкриття муздрамтеатру;
3. Перемикач методики вимірювання;
4. Електронний дисплей;
5. Гнізда для підключення щупів;
6. Кнопка фіксації в пам'яті приладу результатів вимірювання.

До основних характеристик струмовимірювальних кліщів відносять:

Загальні характеристики	
Батарея	Шість батарей 1,5 В типа AA NEDA 15 А або IEC LR6
Час роботи батареї (в звичайному режимі експлуатації, без підсвітки)	100 годин
Вимірювальні жили	Розраховані на навантаження до 1000 В
Маса	0,814 кг
Розмір кліщів	58 мм
Розміри (ДхШхГ)	300 мм x 98 мм x 52 мм
Робочая температура	От 0 °С до +50 °С
Температурні коефіцієнти	Ток: 0,1 % на 1 °С за пределами диапазона 22 °С – 24 °С Навантаження: 0,1 % на 1 °С за пределами диапазона 22 °С – 24 °С

Методи вимірювання

Для виготовлення струмоприймальних частин даного приладу використовується два типи чутливих елементів, виконаних на базі датчика Холла або спеціального трансформатора. Залежно від типу аналізатора, струмові кліщі можуть вимірювати або змінний і постійний, або тільки змінний струм.

Розглянемо принцип їх роботи більш докладно.

Струмові кліщі змінного струму

Дані струмові кліщі є найбільш поширеними, що пов'язано з простотою їх конструкції і низькою вартістю. Принцип їх роботи заснований на використанні ефекту трансформаторного посилення сигналу. Схему роботи струмових кліщів змінного струму наведена на *Рис. 1.2*.

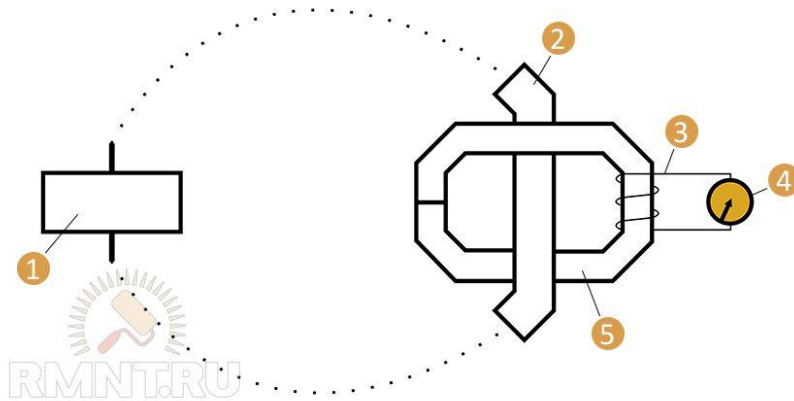


Рис. 1.2 – Схема роботи струмових кліщів змінного струму

Склад струмових кліщів змінного струму:

- 1 - електричний ланцюг;
- 2 - провідник;
- 3 - трансформатор;
- 4 - амперметр;
- 5 – муздраттеатр.

Вимірювання проводиться дуже просто:

1. У розсувний магнітопровід заводиться провідник, на якому необхідно вимірювати струм.
2. Цей провідник для намотаною на магнітопровід котушки є первинною обмоткою трансформатора.
3. Залежно від величини змінного струму, що протікає через провідник, буде змінюватися напруга на виході вимірювального елемента.

Струмові кліщі постійного струму

Дані прилади з'явилися після виявлення так званого ефекту Холла - зміна напруженості магнітного поля в провіднику, через який протікає електричний струм, що сприяє формуванню в точці вимірювання потенціалу, відповідного величині прикладеного до напівпровідника магнітного потоку. На базі цього ефекту розроблено спеціальний датчик, чутливий як до змінного, так і постійного магнітного поля. Схема роботи струмових кліщів постійного струму наведено на Рис. 1.3.

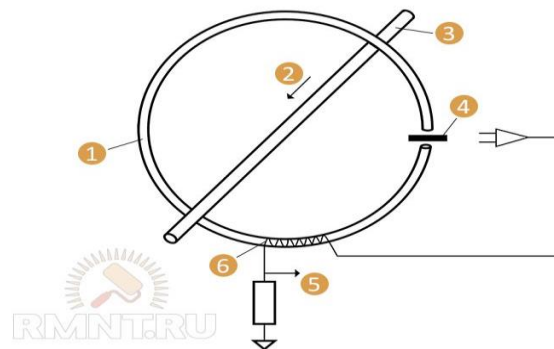


Рис. 1.3 – Схема роботи струмових кліщів постійного струму

Склад струмових кліщів постійного струму:

- 1 - магнітопровід;
- 2 - основний струм;
- 3 - провідник;
- 4 - датчик Холла;
- 5 - вихідний струм;
- 6 - компенсаційна котушка.

Переваги струмовимірювальних кліщів:

- Вимірювання струму без розриву в вимірюваній ланцюга;
- Можливість простого вимірювання у високовольтних ланцюгах (аж до 10кВ);
- Компактність приладу.

Недоліки струмовимірювальних кліщів:

- Можливість вимірювання тільки змінного струму;
- Невисокий клас точності (зазвичай 2,5);
- Залежність показань приладу від положення кліщів;
- Залежність показань приладу від вмісту в вимірюваному струмі вищих гармонік - прилад дає правильні свідчення тільки при синусоїдальному вимірюваному струмі (одна з причин цього - застосування в якості вимірювача магнітоелектричної системи з випрямлення.)

У сучасних електронних приладах цей недолік може бути компенсований схемним способом. Інші струмовимірювальні кліщі мають ряд відмінностей.

Вимірювання струму, що протікає по одному провіднику

Це найпоширеніший спосіб вимірювання. Провідник заводиться в магнітопровідні кліщі, які розташовуються під прямим кутом до площини провідника. Величина вимірюваного струму буде виведена на екран приладу.

Одночасне вимірювання струму, що протікає по декількох провідникам

Якщо в магнітопровод струмових кліщів завести відразу кілька провідників, то прилад вимірює разностную величину протікає по ним струму. Наприклад, якщо для мережі 220 В виробляти одночасне вимірювання струму на «фазі» і «нулі» одного ланцюга, то прилад покаже струм витоків в навантаженні.

Посилення слабких сигналів

Для вимірювання малих величин струму допускається посилювати подається на датчик сигнал за рахунок намотування провідника на магнітопровод приладу. При цьому реальне значення протікає по ньому струму визначається шляхом ділення отриманого на індикації приладу значення струму на кількість зроблених проводом витків.

Різновиди струмових кліщів, їх достоїнства і недоліки

Струмові кліщі зі стрілочною індикацією.

Даний тип приладів один з перших, в якому стали використовувати трансформаторні системи вимірювання змінного струму із змінним кількістю витків на вторинній ланцюга. Конструкцію приладу наведено на *Рис. 1.4.*



Рис. 1.4- Конструкція струмових кліщів зі стрілочною індикацією

Переваги струмових кліщів зі стрілочною індикацією:

- прилад володіє мінімальною вартістю, в робочому діапазоні частот з високою точністю вимірює діючу величину струму.

Недоліки струмових кліщів зі стрілочною індикацією:

- може працювати тільки у вузькому діапазоні частот.
- Використання стрілочної індикації робить його чутливим до ударів і знижує точність вимірювання.

Струмові кліщі з цифровою індикацією

Більшість сучасних приладів випускаються з мікроконтроллерной системою обробки сигналів, це дозволяє спростити зчитування показань приладу, використовувати автоматичне калібрування діапазону вимірювання, організувати запис вимірюваної величини струму в пам'ять приладу. Приклад конструкції приладу наведено на *рис. 1.5*



Рис. 1.5 – Конструкція струмових кліщів з цифровою індикацією

Переваги струмових кліщів з цифровою індикацією:

- простий у зверненні.

Недоліки струмових кліщів з цифровою індикацією:

- низька точність вимірювання струму, що відрізняється за формою від синусоїди.

1.2 Призначення, основні характеристики комплексного вимірювального приладу Rustrak Ranger

Реєстратор параметрів електричної енергії типу RR-II (рис.1.6.) призначений для вимірювання параметрів змінного струму. У приладі є три вхідних канали для вимірювання напруг (від 0 до 600 В) і три вхідних канали, які використовуються для вимірювання струму з використанням щупів струму (від 0 до 10 А від 0 до 1000 А, 0 до 3000 А в залежності від застосовуваних трансформаторів струму). Також є чотири математичних канали, які можливо запрограмувати для розрахунку й реєстрації інших параметрів (активної, реактивної й повної потужностей, кута зсуву фаз між струмом і напругою й т. ін.).



Рис. 1.6.- Комплексний вимірювальний прилад Rustrak Ranger II

Запобіжний клапан 1 використовується для попередження виникнення парової пробки (для цього при змінах температури й вологості навколишнього середовища він повинен бути відкритий, а в умовах вологості – закритий). Кільцевий ущільнювач 2 призначений для захисту від потрапляння вологи й пилу за закритої кришки приладу. Вхідний штекер 3 призначений для приєднання до приладу вимірювального кабелю. Для запобігання несанкціонованому доступу до приладу його кришка може бути закрита на висячий замок за допомогою спеціального кільця 4. Для перенесення приладу на плечі передбачена можливість кріплення ремня. Для полегшення перенесення приладу передбачена міцна ручка з м'яким покриттям. Для запобігання потрапляння вологи й пилу до приладу він щільно закривається кришкою, яка закріплюється за допомогою застібок 7. Захисний ковпачок 8 закриває вхідний штекер, коли вимірювальний кабель від'єднується від приладу. Rustrak Ranger II є досконалою комплексною системою запису, аналізу й звітності на мікропроцесорній основі. Основними компонентами системи є: • реєстратор даних; • модулі формування вхідного сигналу; • комунікаційні модулі; • конфігураційні модулі; • портативний термічний принтер; •

прикладне програмне забезпечення “Pronto” і т. ін. На Рис. 1.7. ця комплексна система зображена у вигляді блок-схеми. Повністю заряджені акумулятори забезпечують роботу приладу протягом 60 діб без додаткового підзарядження. Необхідно відмітити, що вмикання автоматичного підзарядження акумуляторів відбувається у випадку подавання на вхід каналу 1 напруги понад 90 В. Кожен прилад укомплектований програмним забезпеченням Pronto, що дає повний і комплексний набір інструментів, призначених для складання графіків, аналізу й роздруковування звітів на основі зібраних приладом даних.

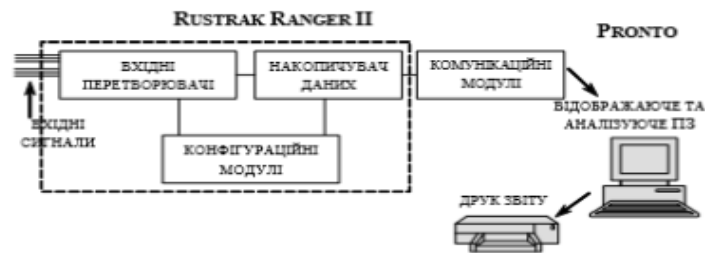


Рис. 1.7. - Блок-схема комплексу Rustrak Ranger II.

Pronto дозволяє використовувати комп'ютер для: • передавання на відстань і збереження в пам'яті комп'ютера даних з реєстратора; • створення, присвоєння імені й опис інформаційних файлів; • конвертування інформації в графіки; • виведення графіків на основі неопрацьованих або оброблених даних; • порівняння даних одночасно з 12 графіків; • змінювання графіків за форматом, розміром і положенням; • аналізування точок і ділянок графіків; • супроводження графіків текстами/позначками; • виділення або збільшення відрізків графіків; • роздрукування графіків або таблиць для звіту; • створення сумісних файлів для внесення в базу даних або розгорнутих таблиць (наприклад Lotus 1-2-3 і т.ін.); • забезпечення роботи місцевої інформаційної мережі. Прилад має 4 попередньо запрограмованих у пам'яті установки: для 3-х фазної 4-х провідної (сполучення “зіркою”), 3-х фазної 3-х провідної (сполучення “трикутником”), 2-х фазної – лінія до лінії (система електропостачання, яка застосовується у США), та із входами тільки на три діапазони напруг. Вони призначені для спрощення встановлення й запису загальних вимог до вимірювання змінного струму. Схеми приєднання за даними установками приладу наведені далі. Необхідно відмітити, що також є можливість змінювати використовувані конфігурації шляхом їх перепрограмування або з використанням клавіш приладу, або у випадку використання програми *Pronto*, з персонального комп'ютера. Приклади можливих графіків наведено на Рис. 1.8-1.9.

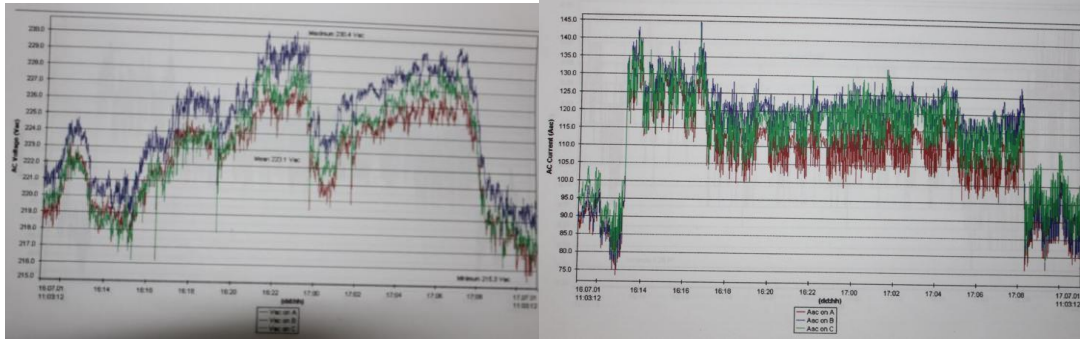


Рис. 1.8 – Графіки показів напруги та струмів

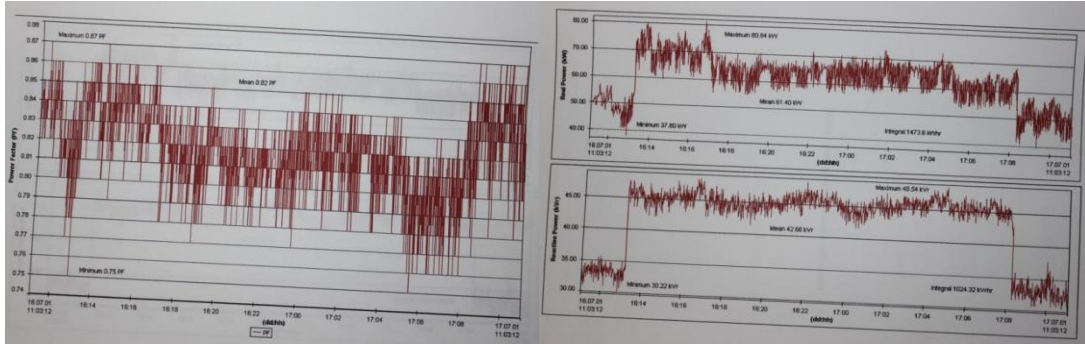


Рис. 1.9 – Графіки показів потужностей

Прилад може бути використаний на лініях із частотою 50/60 Гц. Даний прилад має 5 різних режимів запам'ятовування (тобто реєстрації вимірюваних і обчислених величин), що дозволяє гнучкіше налаштувати прилад для вирішення конкретних завдань протягом тривалого періоду часу. Розглянемо схеми приєднання реєстратора RR-II.

Установка № 1 - 3Ø3E (3 фази 3 елементи).

Ця установка використовується для 3-х фазних 4-х провідних установок (сполучення типу “зірка”), де 3 елементи будуть використовуватися для вимірювання напруги й струму. Під елементами тут розуміють вимірювачі напруг і струму. Система повинна бути приєднана як показано на рис. 1.9.

Установка № 2 - 3Ø2E (3 фази 2 елементи).

Ця установка використовується для 3-х фазних 3-х провідних установок, де 2 елементи будуть використовуватися для вимірювання напруги й струму. Ця система повинна бути приєднана, як показано на рис. 1.10. або рис. 1.11.

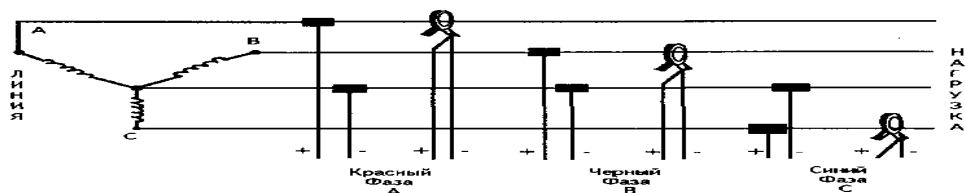


Рис. 1.9.- 3-фазне 3-елементне приєднання (4 провідне сполучення “зірка”)

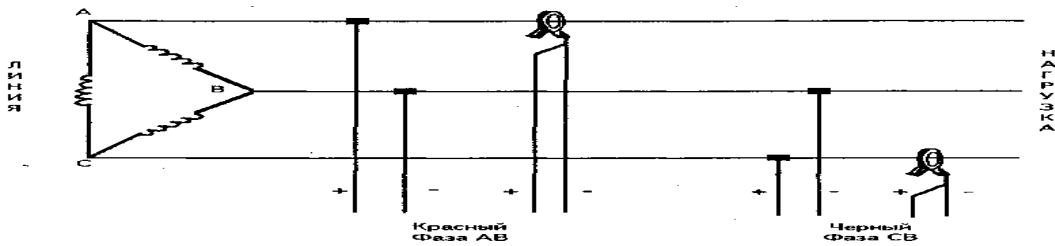


Рис. 1.10. - 3-х фазне 2-х елементне приєднання (сполучення типу “трикутник”)

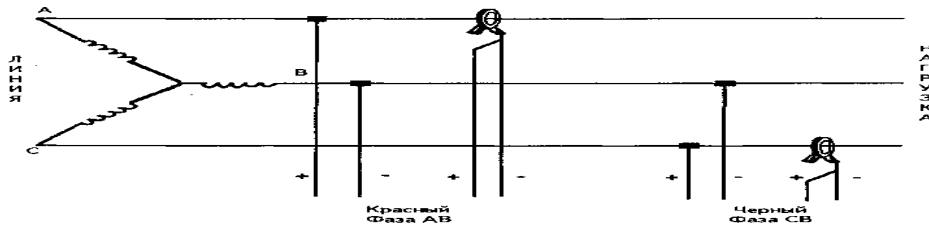


Рис. 1.11. - 3-х фазне 2-х елементне приєднання (сполучення типу “зірка”)

Установка № 3 – 2Ø2E (2 фази 2 елементи).

Ця установка використовується для вимірювання струмів обох ліній та напруг відносно нейтралі (у житлових будинках або на комерційному устаткуванні), також подібна система електропостачання застосовується за кордоном (США, Японія). Система повинна приєднуватись як показано на рис.1.12.

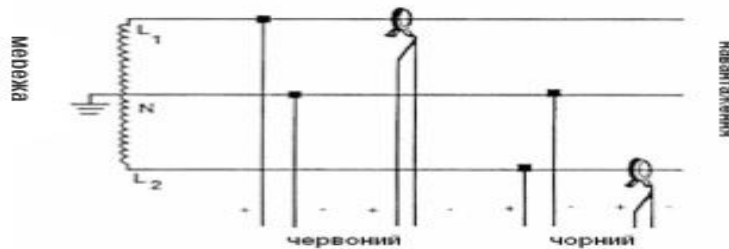


Рис. 1.12.- 2-фазне 2-елементне приєднання

Установка № 4 – Напряга (лише 3 входи напруги).

Використовується для вимірювання напруги на одній фазі відносно нейтралі, напруги фаза до фази або на 3-фазних установках, без застосування давачів струму.

Інші стандартні 3-фазні конфігурації. Rustrak Ranger II може працювати з іншими 3-х фазними конфігураціями не наведеними в стандартних установках. Це 3Ø1 елемент “зірка” і “трикутник”, збалансовані навантаження і т. ін. Значення активної потужності, реактивної та ін. для кожної з цих конфігурацій можна вибрати в меню AC3Ø Maths з використанням математичних каналів 9 – 12.

Схема приєднання приладу наведена на рис. 1.13. та рис. 1.14.

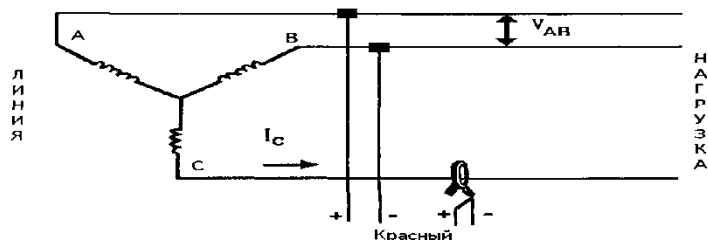


Рис. 1.13. - Схема вимірювання у випадку симетричного навантаження з'єданого в "зірку".

Основні технічні характеристики приладу наведені в табл.1.1.

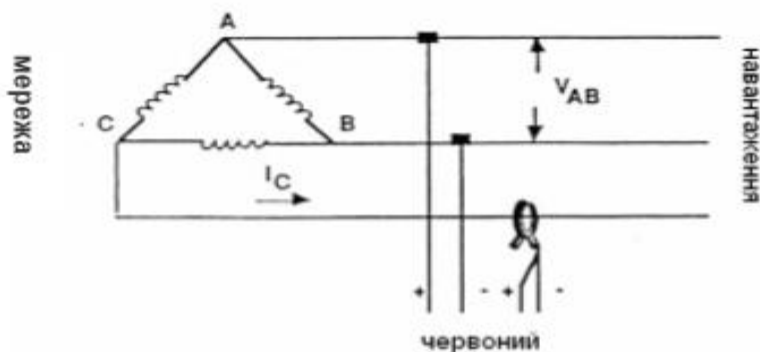


Рис. 1.14. - Схема вимірювання у випадку симетричного навантаження з'єданого в "трикутник".

Табл. 1.1. Основні технічні характеристики Rustrak Ranger

Захист на вході	1000 В обмежувач імпульсів напруги у кожному каналі
Шкали	Шкали струму й напруги з можливістю програмування
Канали математичних обчислень	4 попередньо запрограмованих канали з можливістю перепрограмування
Вид запису	П'ять варіантів запам'ятовування, попередньо встановлених на адаптивний вид запису, з можливістю зміни
Тривалість запису	До 999 днів
Точність вимірювань	0,25% (за винятком щупів струму)
Роздільна спроможність	Програмується від 0,1 В до 1 В
Хрест-фактор навантаження	>2,5 при 600 В
Обсяг пам'яті ОЗП	256К
Ресурс акумуляторів	До 60 днів без перезарядження

<i>Продовження табл. 1.1</i>	
Час перезарядження	60 годин до повного розрядження
Резервний акумулятор	Зберігає дані й конфігурацію мінімум до року
Точність годинника	У найгіршому випадку 6 хв/рік
Робоча температура	Від -10 до +600С (14 – 1400F)
Температура зберігання	Від -20 до +700С (-4 – 1560F)
Відносна вологість	5 – 95 %
Міцність (удари/вібрація)	(удари/вібрація) Відповідає стандарту Mil-810С, метод 514
Захист від вологості	Захист від бризок і дощу
Матеріал корпусу	Високоміцний полікарбонат
<i>Специфікація зарядного пристрою</i>	
Вхід	Від 90 до 600 В, 50/60 Гц, автоматичне ввімкнення
Постійний струм на виході	4 В / 35 мА

2. Робота приладу

2.1 Початок роботи

1. Зняти захисний ковпачок з роз'єму підключення змінного струму на боці корпусу та приєднати до гнізда кабель для вхідних сигналів. Перевірте щільність підключення для забезпечення захисту від потрапляння води.
2. Приєднати від напруги і струму як потрібно для вибраного місця роботи. Будьте обережні, дотримуючи полярності при підключенні кабелів із червоними накінецьниками до високої сторони і кабелів із чорними до низької. Застосовується наступне колірне кодування фаз:
Червоний = Фаза А Чорний = Фаза В Синій = Фаза З
Для моделей RR2-1258 і RR2-1259:
Червоний = Фаза А Чорний = Фаза В Синій = Фаза З
Білий = Нейтраль

Табл. 2.1. Основне колірне кодування *Rustrak Ranger II*

Колір провідника	Фаза	Колір ковпачка/штирька	Полярність ковпачка/штирька
Червоний	A	Червоний/чорний	Висока/низька
Чорний	B	Червоний/чорний	Висока/низька
Синій	C	Червоний/чорний	Висока/низька
Білий (зелений)	N	Червоний/чорний	Висока/низька

3. Для моделей RR2-1257J, RR2-1257K і RR2-1257T: зняти захисний ковпачок з роз'єму підключення приналежностей і надійно приєднати відповідний роз'єм термопари для забезпечення захисту від води. Підключити термопари як це потрібно для вибраного місця роботи.
4. Увімкнути живлення на реєстраторові шляхом одночасним натисканням двох клавіш на передній панелі. На дисплеї відобразиться три повідомлення, відповідних до фази ініціалізації, і з'явиться перший екран (пункт) основного меню, показаного нижче: Інші екрани (пункти) основного меню показано на рисунку 2-1.

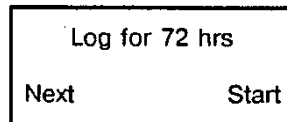


Рис. 2.1.-Колірне кодування вхідного кабелю

5. У режимі запису як у всіх режимах Основного Меню другий рядок на дисплеї буде відображати код активного настроювання між показниками клавіш <Next> і <Start> ("запуск"). Якщо настроювання не було обрано, то система прийняла б за замовчуванням Настроювання #1 (настроювання, обумовлене користувачем) і дисплей був би порожній як показано вище. Якщо були визначені настроювання #1-#4 або були обрані настроювання #5-#8, то функція виміру потужності або гармонік була б відзначена між <Next> і <Start>.

Наприклад: Якщо попередньо було обрано Настроювання #5, на дисплеї буде наступна інформація:

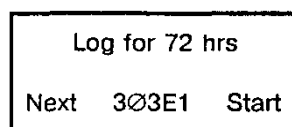


Рис. 2.2 – Приклад настроювання дисплею

де: 303E1 = 3 фази 3 елементи.

6. Натисніть клавішу <Start> ("запуск") для початку процедури запису або клавішу <Next> для вибору інших функцій.

Зауваження: Якщо є занепокоєння про коректність налаштування, її можна перевірити, використовуючи режим Review ("перегляд"). Гарною звичкою є використання режиму Display ("відображення") для огляду всіх каналів, щоб упевнитися в коректності підключення введень по напрузі і струму. Співвідношення фаз між уведеннями струму і напруги може дати негативні показання для потужності і коефіцієнта потужності, якщо вони підключені у зворотному напрямку, навіть якщо показання напруги та струму - позитивні числа.

Програмувальні математичні канали

Для програмування або зміни будь-яких установок математичного каналу перейдіть до режиму Setup в Основному Меню та натисніть клавішу <Yes> для включення цього режиму. Потім використовуйте клавішу <Next> для переміщення до Setup Channels ("Налаштування каналів") і натисканням клавіші <Yes> увійдіть у цей режим.

Програмувальні шкали напруги і струму

Обидві шкали напруги і струму можна програмувати. Це дозволяє установити шкалу струму для вирівнювання пропорції застосовуваного пробника струму. Програмувальна шкала напруги необхідна тільки, якщо вимірювання напруги проводиться від трансформатора напруги, і ви прагнете, щоб показання напруги відбивали первинну обмотку трансформатора напруги (ТН).

Зміна пароля

Щоб змінити пароль, ви повинні спочатку бути впевненим, що захист за паролем відключений. Якщо це не так, використовуйте поточний пароль для розблокування режиму налаштування, а потім виконайте послідовність дій, описану в пункті "Установки захисту за паролем", і введіть новий пароль.

Інструкція зі швидкого налаштування реєстратора серії Rustrak Ranger RR2-1250

1. Визначите конфігурацію місця роботи

А. Трифазна 4-х провідна "зірка":

Використовуйте налаштування #5 або виберіть математичні функції для "3 фази 3 елемента" для активної, реактивної, повної потужності й коефіцієнта потужності.

Б. Трифазна 3-и провідна "зірка" або "трикутник":

Використовуйте настроювання #6 або виберіть математичні функції для "3 фази 2 елементи" для активної, реактивної, повної потужності й коефіцієнта потужності.

В. Трифазна 4-х провідна "зірка" з гармонічним аналізом трьох елементів:

Використовуйте настроювання #7 або виберіть математичні функції для розрахунків THD, TDD, Odd, Even, Triplens або окремої складовій.

Г. Трифазна 3-и провідна "зірка" або "трикутник" з гармонічним аналізом трьох елементів: Використовуйте настроювання #8 або виберіть математичні функції для розрахунків THD, TDD, Odd, Even, Triplens або окремої складової.

Д. Розмежувальна лінія «житлово-комунальне або комерційне освітлення» Використовуйте математичні функції для однієї фази для активної, реактивної, повної потужності, кута зсуву фаз, частоти і коефіцієнта потужності.

2. Підключіть провідники напруги і пробники струму відповідно до вимог місця роботи.
3. Відкрийте Реєстратор і завантажте бажане налаштування.
4. Переведіть Реєстратор у режим Display ("відображення") і перевірте наступне:

Чергування фаз:

Перевірте чергування фаз якщо використовується настроювання для 3-и провідної "зірки" або "трикутника".

Канали 1 і 2 повинні бути побачені на екрані.

Натисніть праву клавішу. Правильне чергування фаз виглядає числом близьким до 300° як показано нижче. Зворотнє чергування виглядає як число близько 60° . Якщо фаза - реверсивна, поміняйте місцями роз'єми напруги або перенесіть їх на іншу фазу.

3. Робоче завдання

1. Здійснити на практиці настроювання приладу, використовуючи стандартні установки.
2. Здійснити заходи, що забезпечують нормальну роботу приладу. Для цього:
 - 1). Зняти захисний ковпачок з роз'єму підключення змінного струму на боці корпусу і приєднати до роз'єму кабель для вхідних сигналів. Перевірте щільність підключення для забезпечення захисту від води.
 - 2). Приєднати від напруги і струму як потрібно для вибраного місця роботи. Будьте обережні, дотримуючи полярності при підключенні кабелів із червоними наконечниками до високої сторони та кабелів із чорними наконечниками до низької сторони.

3. Встановити чергування фаз приладу

4. Перед початком запису визначити, чи перебуває струм нижче мінімальних рівнів.

5. Вивчити математичні функції та використовувати стандартні канали

6. Виконати програмування шкали напруги. Для цього:

1). Спочатку розрахуйте напругу, подану на Реєстратор, коли на вторинній обмотці ТН 120В : $120/600 = 0.2$ В змінного струму.

2). Розрахуйте значення повної шкали рівної 1 В для системи: $480/0.2=2400$ В. Це може бути також отримано шляхом множення відношення ТН на напругу нормальної повної шкали Реєстратора: $600 \times 4 = 2400$ В.

3). Запрограмуйте шкалу напруги: 1В = 2.400 кВ. Використання числа 2400 призвело б до переповнення при обчисленнях потужності через застосування більших чисел, тому повинно бути використане число 2.400.

4). Додатково, метричні одиниці для будь-якого математичного каналу, що виконує запис показань потужності (використовуючи це настроювання для більш високої напруги), повинні бути встановлені для зчитування в мегаватах. Це необхідно через те, що потужність нормально виражається в кіловатах, і тепер, коли підведена напруга буде в кіловольтах, потужність буде отримано в мегаватах.

7. Виконати програмування шкали струму.

Для цього:

1). Спочатку обчислити струм на реєстраторові даних, коли через вторинну обмотку ТТ протікає 5А: $5/10=0.5$ А.

2). Розрахуйте значення повної шкали 1А на реєстраторові даних: $3000/0.5=6000$.

3). Запрограмуйте шкалу струму на 1А=6000.

8. Виконати вимірювання теплового вентилятора за допомогою струмовимірювальних кліщів різних приладів.

4. Завдання лабораторної роботи

Виконати вимірювання теплового вентилятора в трьох різних режимах роботи:

9. Виміряти струм за допомогою приладу Wattprobe 2000А;

10. Виміряти струм за допомогою приладу Power factor;

11. Виміряти струм за допомогою приладу за допомогою комплексного приладу Rustrak Ranger.

Виконати статичну обробку результатів спостережень та знайти параметри розподілу результатів вимірювань і похибок. Закон випадкової величини вважати нормальним.

Зробити висновки за результатами досліджень та надати відповіді на запитання.

5. Оброблення результатів багатократних спостережень

Повторивши кілька разів вимірювання, одержимо ряд числових значень вимірювання величини, які в загальному випадку відрізняються один від одного. Для наближення до істинного значення вимірюваної величини обчислюють середнє арифметичне значення результатів окремих спостережень:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + \dots + x_n)}{n} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (5.1)$$

Якщо замість істинного значення вимірюваної величини взяти середнє арифметичне, то відхилення i -го результату спостережень від середнього арифметичного

$$v_i = x_i - \bar{x} \quad (5.2)$$

Середнє квадратичне відхилення результату окремого спостереження

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}} \quad (5.3)$$

Середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного результатів спостережень

$$s_o = \frac{s}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (5.4)$$

Середнє Квадратичне відхилення зручне тим, що вимірюється в одиницях вимірюваної величини. Дисперсія результатів окремих спостережень

$$D(x) = \sum (x_i - a)^2 \cdot P_i = \sum \Delta_{oi}^2 \cdot P_i = s^2 \quad (5.5)$$

Отримані результати використовуються під час результату вимірювання наступним чином. Результат вимірювання, отриманий шляхом статичного оброблення результатів багатократних спостережень незмінної фізичної величини, визначається

$$(\text{вимірювана величина } x) = \bar{x} \mp s_o ; (P = 0,6826), \quad (5.6)$$

де результат вимірювання x з вірогідністю $P=0,6826$ (68,26%) знаходиться в інтервалі: $[\bar{x} - s_o; \bar{x} + s_o]$, який називається довірчим інтервалом.

З практичної точки зору це означає, що в середньому один з трьох результатів вимірювань фізичної величини може проявитися за межами цього інтервалу. З метою підвищення надійності вимірювання (довірчої вірогідності) розширюють довірчий інтервал. Теорія похибок доводить, що для отримання довірчої вірогідності $P=0,9545$ (95,45%) необхідно

визначити довірчий інтервал як $[\bar{x} - 2s_0; \bar{x} + 2s_0]$, тобто $\Delta x = 2s_0$. Для отримання довірчої вірогідності $P=0,9907$ (99,07%) необхідно визначити довірчий інтервал як $[\bar{x} - 2,6s_0; \bar{x} + 2,6s_0]$, тобто $\Delta x = 2,6s_0$. З практичної точки зору це означає, що за $P=0,9545$ в середньому один з двадцяти двох результатів вимірювань фізичної величини може проявитися за межами довірчого інтервалу, що є цілком прийнятним для робочих вимірювань. За $P=0,9907$ в середньому один зі ста семи результатів вимірювань фізичної величини може проявитися за межами цього інтервалу, що є ознакою високоточних зразкових вимірювань.

Якщо необхідно визначити похибку (довірчий інтервал) для окремого спостереження вимірювальної величини x_i , користується середнім квадратичним відхиленням результату окремого спостереження s :

$$(\text{вимірювальна величина } x) = x_i \mp s; 0(P = 0,6826), \quad (5.7)$$

де: $x_{\text{найкр}} = x_i; \Delta x = s$. Відповідно, для $P=0,9545$ $\Delta x=2s$, а для $P=0,9907$ $\Delta x = 2,6s$.

6. Виконання лабораторної роботи

Ознайомитись із засобами вимірювань, що входять до складу вимірювальної установки.

За допомогою допоміжних приладів виконати вимірювання теплового вентилятора для трьох різних режимів роботи:

1. Для режиму роботи теплового вентилятора при електроспоживання 1 кВт.
2. Для режиму роботи теплового вентилятора при електроспоживання 1,5 кВт.
3. Для режиму роботи теплового вентилятора при електроспоживання 2 кВт.

Виконати вимірювання. По кожному з пунктів 1-3 провести не менше шести спостережень. Результати спостережень занести до табл. 5.1.

№ спостереж.	I, А	I, А	I, А
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

де: I – відповідно покази струмовимірювальних кліщів під час вимірювання.

Для кожного вимірювального експерименту за п.п. 1-3 виконати статичну обробку результатів спостереження та визначити наступні параметри розподілу випадкової величини: середнє значення r , відхилення від середнього v , дисперсію $D(r)$, середнє квадратичне відхилення результату спостереження S_{xr} , середнє середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного результатів спостереження S_{or} . Результати занести до табл. 5.2.

№ спостереж.	I_j	$r = \sum r_j/N$	$v_j = r_j - r$	$D(r)$	S_{xr}	S_{or}
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Під кожною таблицею навести результат вимірювання з довірчою вірогідністю $P=0,9545$. Під час запису результату вимірювання виконати приведення похибок та результатів.

Зробити висновки за результатами досліджень. Оформити протокол досліджень.

7. Контрольні питання

- 1.** Дайте визначення струмовимірювальним кліщам? Яка основна конструкція струмовимірювальних кліщів?
- 2.** Поясніть основний принцип роботи ефекту Холла?
- 3.** Назвіть основні переваги та недоліки струмовимірювальних кліщів?
- 4.** Поясніть призначення комплексного пристрою Rustrak Ranger? Перерахуйте основне обладнання комплексного пристрою RustrakRanger?
- 5.** Які технічні характеристики роботи пристрою Rustrak Ranger?
- 6.** Намалюйте схему приєднання реєстратора та поясніть принцип роботи установки?
- 7.** Яке колірне кодування застосовується в Rustrak Ranger?
- 8.** Перерахуйте дії, які потрібно виконати перед початком роботи?

Список літератури

1. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями [Текст] : навч. посібник / В. В. Прокопенко, О. М. Закладний, П. В. Кульбачний. - К. : Освіта України, 2009. - 438 с. – ISBN 978-966-8847-83-7

2. Основы метрологии и электрические измерения: Учебник для вузов./ Б.Яб Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.; Под ред.. Е.М. Душина. – 6-е изд., пере раб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1987. -480 с.: ил.

3. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник/ Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І.-К:Кондор, 2005. – 408 с.

4. Закладний, О.М. Електропривод [Текст] : навч. посіб / О.М. Закладний, В.В. Прокопенко, О.О. Закладний ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". — К. : НТУУ "КПІ", 2007. — 316 с. – Библиогр.: - ISBN 978-966-622-273-5.

5. Праховник, А.В. Энергетический менеджмент [Текст] / А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". — К. : НТУУ "КПІ", 2001. — 472 с. – Библиогр.: - ISBN 966-622-027-х.

6. Аракелов, В.Е. Методические вопросы экономии энергоресурсов [Текст] / В.Е. Аракелов, А.И. Кремер ; – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 192 с. – Библиогр.: - ISBN 5-283-0057-5.

7. Копытов, Ю.В. Экономия электроэнергии в промышленности [Текст] : справочник / Ю.В. Копытов, Б.А. Чуланов; – М.: Энергия, 1978. – 120 с. – Библиогр.: - ISBN.