

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Кафедра систем електропостачання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ
ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ РЗ – 6
«Вивчення та дослідження індукційного струмового реле серії РТ-80 »
з дисципліни « Основи релейного захисту та автоматики »
для студентів напрямку підготовки
6.050701 «Електротехніка та електротехнології »

Дніпропетровськ
2013

Методичні вказівки до лабораторної роботи РЗ – 6
«Вивчення та дослідження індукційного струмового реле серії РТ-80 »
з дисципліни « Основи релейного захисту та автоматики »
для студентів напрямку підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології »
/Упорядн.: В. Д. Трифонов, О.Р. Ковальов , Д. В. Трифонов,– Дніпропетровськ:
ДВНЗ НГУ, кафедра СЕП 2013. – 13 с.

Упорядники: В. Д. Трифонов, професор, О.Р. Ковальов, ст. викл.
Д. В. Трифонов, доцент,

Мета роботи : вивчити принцип дії та конструкцію індукційного реле струму; виконати дослідження та набути практичних навиків по регулюванню параметрів спрацьовування реле.

ТЕОРЕТИЧНІ ДАНІ

Індукційні реле серії РТ-80. На їх основі базуються струмові захисти ліній 6-35 кВ, захисти трансформаторів невеликої потужності та захисти асинхронних двигунів.

Реле складається з двох функціональних елементів - електромагнітного та індукційного. Електромагнітний елемент створює струмову відсічку без витримки часу, індукційний - максимально струмовий захист з витримкою часу. Таким чином, на базі одного реле РТ-80 можна створити двоступеневий струмовий захист.

Однією з важливих характеристик реле є коефіцієнт повернення, який визначається відношенням струму повернення реле $I_{нов}$ до струму спрацьовування реле $I_{сп}$, тобто

Для максимальних реле, до яких належить реле РТ-80, цей коефіцієнт менший 1 і становить 0,85...0,87.

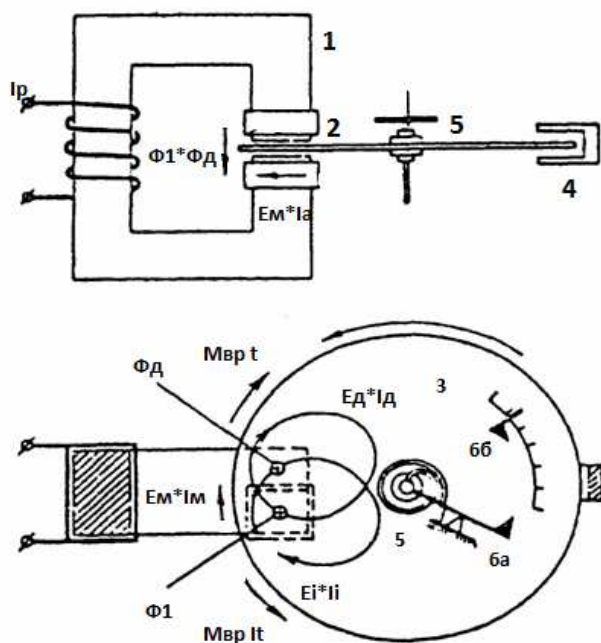


Рис. 1. Індукційне реле струму з короткозамкненими витками

Індукційна система реле (рис. 1) складається з магнітопроводу 1, на якому знаходиться обмотка. Металевий диск 3 обертається на осі й проходить через повітряний проміжок в магнітопроводі 1. Для створення моменту, котрий обертає диск, необхідно два магнітні потоки, зсунутих у просторі та часі (Φ_1 та Φ_2). Конструктивно це досягається тим, що частину верхнього та нижнього полюсів магнітопроводу електромагніту охоплюють короткозамкнені мідні кільця (екрани) 2. Через магнітопровід з короткозамкненими витками протікає частина потоку $\Phi_m - \Phi_1$ через решту магнітопроводу - друга частина потоку $\Phi_m - \Phi_2$. Потік Φ_1 індукує в короткозамкнених витках ЕРС E_k , котра в свою чергу викликає протікання струму в цих витках I_k (рис.2 ,а).

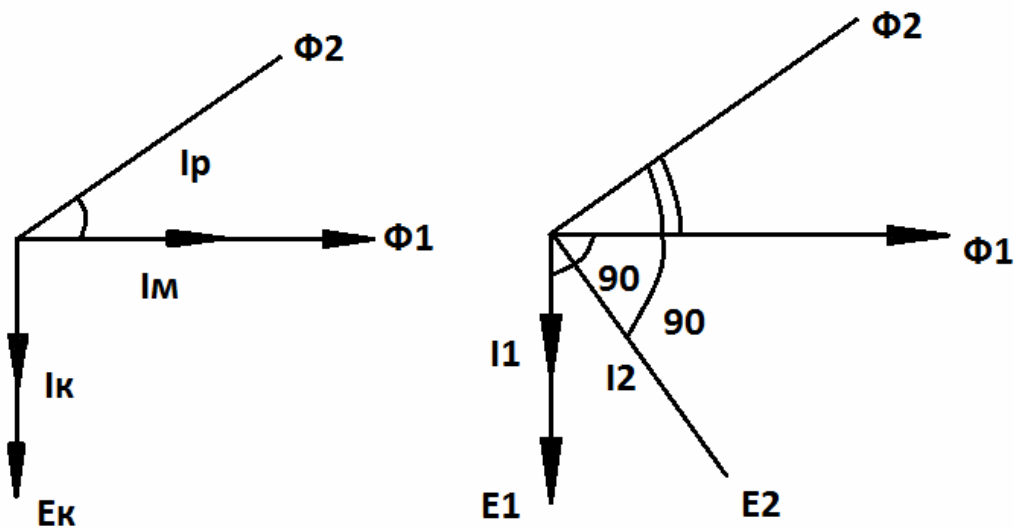


Рис.2 Векторні діаграми індукційного реле струму

Струм намагнічування I_m який викликає потік Φ_1 збігається з ним по фазі, визначається струмом реле I_p та струмом в короткозамкнених витках I_k :

$$\Phi_1 = k_3 I_m I_\mu = k_4 * I_p + I_k$$

де k_3, k_4 - коефіцієнти пропорційності; I_k - струм в короткозамкнених витках, приведений до числа витків котушки. З (2) визначається струм I_p , який на кут θ випереджує струм намагнічування I_m (рис.2,а).

Потік Φ_2 викликається тільки струмом в реле I_p , пропорційний йому і збігається з ним по фазі, тобто

$$\Phi_2 = k * I_p$$

У зв'язку взаємодії магнітного потоку Φ_1 з металевим диском в ньому за законом електромагнітної індукції наводиться ЕРС E_1 , під дією якої циркулюють вихрові струми (струми Фуко) I_1 . Аналогічно потік Φ_2 викликає струм I_2 (рис.2,б). У результаті взаємодії потоку Φ_1 зі струмом I_2 , потоку Φ_2 зі струмом I_1 виникають електромагнітні сили та F_1, F_2 які створюють обертальний електромагнітний момент

$$M_{эм} = (F_1 - F_2) * d - \text{плече сили, або}$$

$$M_{эм} = k * \Phi_1 * \Phi_2 * \sin \Psi$$

Магнітний потік Φ_1 та струм I_1 , а також потік Φ_2 та струм I_2 не створюють електромагнітних сил і, відповідно, моментів, бо вони взаємно зсунуті на кут 90° . Тому для створення обертального моменту необхідні магнітні потоки, що перетинають диск зсунутими по фазі. З цією метою і введені короткозамкнені витки, котрі охоплюють частину магнітопроводу.

Враховуючи (2) - (4), отримуємо

$$M_{эм} = k_1 * I_p^2$$

тобто магнітний момент, пропорційний квадратові струму в обмотці реле.

Вираз (5) є справедливим тільки для ненасиченого магнітопроводу. При насиченні зі збільшенням струму магнітний потік і, відповідно, момент практично не змінюються.

Крім електромагнітного моменту $M_{эм}$ на диск діє і динамічний момент гальмування, який визначається тертям в опорах, опором повітря та моментом, що викликаний постійним магнітом гальмування. Остання складова моменту гальмування є визначальною. Момент гальмування виникає наступним чином. Обертаючись між полюсами постійного магніту, диск перетинає його магнітні силові лінії, в результаті в ньому наводиться ЕРС, пропорційна частоті обертання " ω ". Під дією цієї сили виникають контури зі струмом, електромагнітна сила яких і утворює момент гальмування

$$M_T = k_2 * \omega$$

Враховуючи, що при постійній частоті обертання диска $\omega M_T = M_{эм}$, отримаємо

$$\omega = \frac{k_1 I_p^2}{k_2}$$

Звідки

тобто швидкість обертання диска пропорційна квадратові струму в реле.

Якщо контакти реле зв'язати з диском черв'ячною передачею (рис. 4), то, як тільки струм в реле досягне струму його спрацьовування і черв'ячна пара ввійде в зчеплення, контакти реле замкнуться через фіксоване число обертів диска. Таким чином, на базі індукційного реле створюється елемент витримки часу. Час

спрацьовування такого елемента визначається за виразом

$$t = \frac{n}{\omega} = n \cdot \frac{k_2}{k_1} \cdot I_p^2$$

де n - фіксоване число обертів, що змінюється початковим положенням сектора черв'ячної пари (позиція 1 на рис. 4).

З виразу (8) очевидно, чим більший струм в реле, тим менший час його спрацьовування, тобто отримується залежна часова характеристика спрацьовування реле (рис. 3).

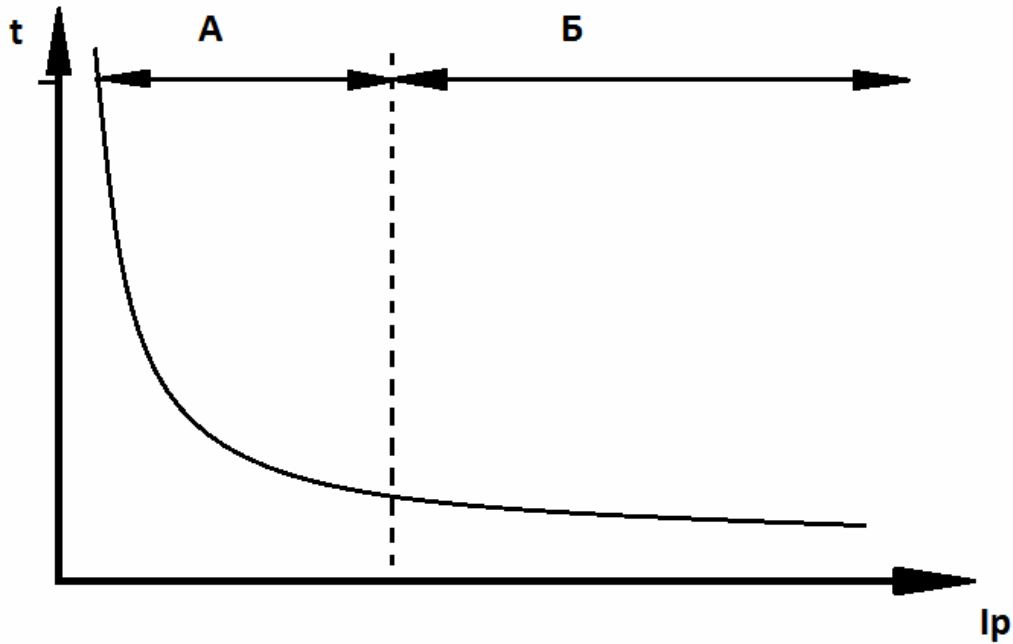


Рис. 3. Часова характеристика індукційного реле

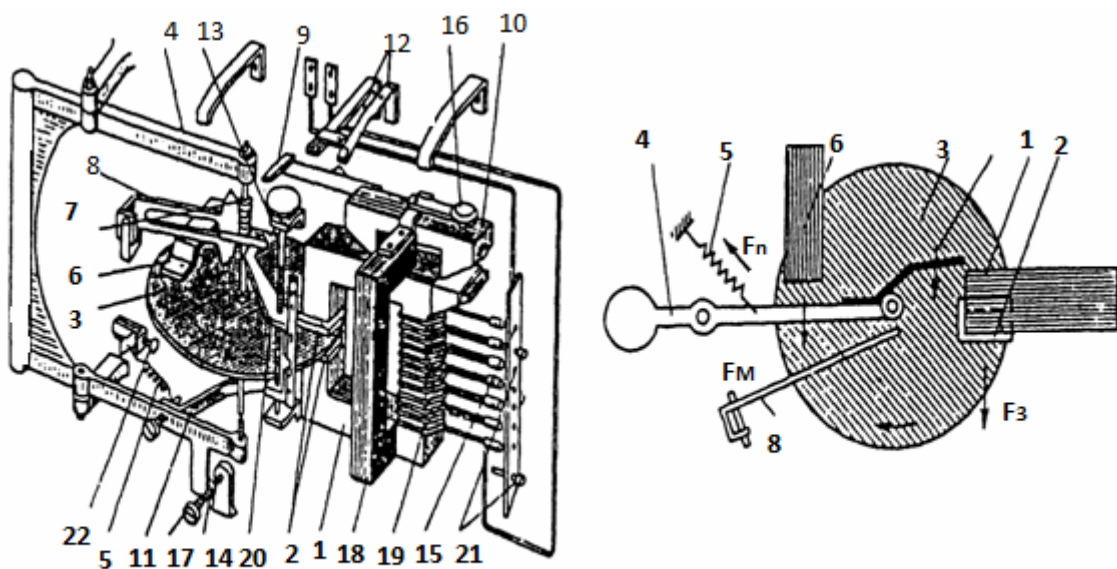


Рис. 4. Реле струму серії РТ-80

а - конструкція; б - сили, що діють на рухому систему; 1 - магнітопровід;
2 - екрани; 3 - алюмінієвий диск; 4 - рамка; 5 - пружина; 6 - постійний магніт; 7 - черв'як; 8 — зубчатий сектор; 9 коромисло; 10 - якір відсічки; 11 - скоба;
12 - контакти; 13 - регулювальний гвинт; 14 - регулювальна гайка;
15 - штепсельний місток; 16 - регулювальний гвинт відсічки; 17 - опорний гвинт;
18 - шунт магнітопроводу; 19 - котушка; 20 - опора; 21 - штепсельні гвинти; 22 - регулювальний гвинт пружини

Електромагнітний елемент реле утворений на базі магнітопроводу 1 з котушкою 19 і якоря відсічки 10, діє на систему контактів 12. Зміна проміжку між магнітопроводом 1 і якорем відсічки 10 здійснюється за допомогою регулювального гвинта 16. При цьому змінюється струм спрацьовування електромагнітного елемента реле.

Рухома частина індукційного елемента представляє собою алюмінієвий диск 3, що обертається між полюсами магнітів, частина яких охоплена короткозамкненими витками 2. Вісь диска встановлена на двох опорах і рамці 4, яка обертається на опорах, закріплених у цоколі реле. На осі диска закріплено черв'як 7. Другим елементом черв'ячної пари є зубчатий сектор 8, який обертається на двох півосях. На секторі знаходиться штовхач, який рухає якір відсічки 10. Штовхач лежить на опорі 20.

Зміною положення опори 20 виставляється необхідна витримка часу реле. Обертюва рамка 4 фіксується гвинтом. Рамка відтягнута в крайнє положення зворотною пружиною 5, натяг якої регулюється гвинтом 22.

Постійний магніт 6 є складовою частиною магнітної системи реле. Він створює момент гальмування, пропорційний частоті обертання диска, чим забезпечується стабільність характеристик реле. Крім того, магніт зупиняє обертання диска після скидання струму і тим самим зменшує інерційність вибігу реле.

При збільшенні струму в реле до струму спрацьовування Диск 3 обертається, рамка 4 разом з диском повертається і черв'як 7 входить в зчеплення з зубчатим сектором 8. Зубчатий сектор разом з штовхачем піднімаються, а це приводить до притягання якоря 10 магнітопроводом 1, контакти 12 замикаються і реле спрацьовує. Швидкість обертання диску і, відповідно, швидкість підймання штовхача залежать від величини струму в реле. Після зникнення струму в обмотці 19 рамка 4 відтягується пружиною, роз'єднується черв'ячна пара і зубчатий сектор 8 падає на опору 20, контакти реле розмикаються.

Уставка струму спрацьовування реле РТ-80 виставляється гвинтом 21, який вкручується у відповідне гніздо штепсельного містка 15.

ПЛАН РОБОТИ

1. Ознайомитися з конструкцією та принципом роботи реле струму серії РТ-80.
2. Перевірити вставки струму спрацьовування реле. Для цього використати установку УПЗ-1 яка, складається з двох комплектів К500 і К501, з'єднаних між собою. Обмотку реле РТ-80 приєднати до затискачів А і О (ток < 50 А), а до обмотки - вольтметр зі шкалою до 15-30 В. На передній панелі установки К500 виставити перемикачі в наступні положення

Перемикач	Положення	Перемикач	Положення
В1	вимк	В8	~Ітр
В2(ступенчато)	115V	В9	0
В3	~І	В11	вимк
В6(реверс струму)	прямо	В12	возврат
		В15	вимк

Повзун Тр1 знаходиться в початковому положенні, Ш7 вставити в ШЗ, перемикач прибору Э504 виставити в положення 6 А.

На штепсельному містку 15 реле гвинтом 21 виставити першу вставку спрацьовування реле. Для ввімкнення установки необхідно виставити перемикач В1 в положення “ВКЛ”, а В12 - в положення “СРАБАТ”.

Перемикачем В2 (ступінчатого регулювання струму) і Тр1 плавно збільшувати струм в колі (контроль струму здійснюється за амперметром на передній панелі блока К500), доки зубчатий сектор 8 реле не ввійде в зчеплення з черв'яком 7 на осі диска. Цей струм відповідає струмові спрацьовування реле I_{cp} . В цей момент вольтметром зафіксувати напругу спрацьовування реле U_{cp} . Плавно зменшуючи струм у колі, добитися того, щоб сегмент із зубчатим сектором відійшов від черв'яка і впав на опору. Цей струм відповідає струмові повернення реле I_{np} . Результати вимірів занести до табл. 1. Дослід повторити до всіх уставок реле, які виставляються на штепсельному містку 15.

Таблиця 1

Уставка реле $I_{ур}$	Струм спрацювання реле I_{cp}	Струм повернення реле I_{np}	Потужність спрацювання реле S_{cp}	Коефіцієнт повернення реле k_n

За результатами вимірів обчислити потужність спрацьовування реле та коефіцієнт повернення реле k_n :

$$S_{cp} = U_{cp} * I_{cp} \qquad k_n = I_{np} / I_{cp}$$

Результати розрахунків занести до табл.1 і побудувати графічні залежності $S=f(I_{cp})$, $k_n=f(I_{cp})$

3. Перевірити вставки спрацьовування струмової відсічки реле. Для цього на штепсельному містку виставити мінімально можливу уставку спрацьовування реле ($I_{уст} = I_{устmin}$).

Встановити регулювальний гвинт 16 відсічки в положення “2” напроти виступу на гайці. При цьому значення уставки струмової відсічки визначається як

$$I_{уст.св.} = k_{св} * I_{уст}$$

це $k_{св}$ - положення регулювального гвинта.

Увімкнути перемикачі В1 та В12 і, діючи на В2 та Тр1, збільшувати струм у колі до моменту спрацьовування електромагнітного елемента реле. При цьому, для запобігання спрацьовування індукційного елемента реле, необхідно рамку 4 утримувати на себе. В момент спрацьовування реле фіксувати струм спрацьовування струмової відсічки реле $I_{св}$. Результати вимірювань занести до табл.2.

Таблиця 2

Положення гвинта відсічки $k_{св}$	Уставка струмової відсічки $I_{стр.від}$	Струм спрацьовування струмової відсічки $I_{св}$	Кратність спрацьовування відсічки $K_{від}$

За даними вимірювань знайти дійсну кратність спрацьовування струмової відсічки:

$$K_{відс} = I_{св} / I_{уст св.}$$

Дослід повторити до всіх фіксованих положень регулювального гвинта.

4. Зняти часову характеристику реле $t=f(I_{cp})$ для максимальної уставки за часом та мінімальної уставки по струму. В процесі дослідження уставки не змінювати. При цьому встановити максимальну кратність струмової відсічки - регулювальний гвинт 16 поставити в положення “8”.

Увімкнути установку і встановити струм в реле більший на 0,5 А від уставки реле. Вимкнути установку і ввімкнути електричний секундомір. Для цього

перемикач В9 перемкнути в положення “С₃” і секундомір встановити в положення “0”. Поштовхом подати струм на реле. При цьому запуситься секундомір. У момент спрацьовування реле секундомір зупиниться. Записати результати до табл.3 Збільшити струм в реле в 2, 3 і так далі разів, повторити дослід. Повторення дослідів здійснювати доки струм не досягне рівня спрацьовування електромагнітного елемента реле - струмової відсічки, час спрацьовування якої становить 0,2—0,3 с.

Таблиця 3

струм уставки реле I_{yp}	Струм в реле I_p	Час спрацювання реле t_{cp}	Кратність струму реле $k=I_p/I_{yp}$

За результатами вимірювань розрахувати кратність струму кта побудувати часову характеристику реле $t=f(k)$.

ЗМІСТ РОБОТИ

- Назва, мета, короткі теоретичні відомості та план роботи.
- Схеми дослідів та таблиці для запису результатів.
- Необхідні розрахунки та висновки до характеристик реле.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Принципи роботи електромагнітного та індукційного елементів реле.
2. Для чого потрібні короткозамкнені витки та чому вони охоплюють лише частину магнітопроводу?
3. Чому часова характеристика реле має незалежну частину?
4. Чи змінюється потужність, яка споживається реле, зі зміною уставки реле?
5. Що таке коефіцієнт повернення реле?
6. Як змінюється уставка електромагнітного елемента реле?
7. Як змінюється уставка індукційного елемента реле?
8. Як змінюється уставка часу спрацьовування реле?

Список літератури

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. - М. : Высш.шк.; 2006.-639с.
2. Барзам А.Б., Пояркова Т.М. Лабораторные работы по релейной защите автоматике. - М.: Энергия, 1985. - 296 с.
3. Чернобровов Н.В. Релейная защита. - М.: Энергия, 1974. - 640 с.
4. Справочник по наладке вторичных цепей электростанций и подстанций / А.А.Антюшин, А.Е.Гомберг, В.П.Караваев и др.: Под ред. ».С.Мусаэляна. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 384 с.

Упорядники:
В. Д. Трифонов, професор
О.Р. Ковальов, ст. викл
Д. В. Трифонов, доцент

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ
ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ РЗ – 6
«Вивчення та дослідження індукційного струмового реле серії РТ-80»
з дисципліни « Основи релейного захисту та автоматики »
для студентів напрямку підготовки
6.050701 «Електротехніка та електротехнології »

Друкується в редакції укладача

Підписано до друку 20.08.13. Формат 30 x 42/4.
Папір Pollux. Ризографія. Умовн. друк. арк 1,2.
Обліково-видавн. арк 1,2. Тираж 30 прим. Зам. №

Безкоштовно

Кафедра систем електропостачання

ДВНЗ НГУ
49027, м. Дніпропетровськ -27, просп.К.Маркса,19.

