

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до лабораторних робіт

з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматики» для студентів  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і  
електромеханіка» денної та заочної форм навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматики» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» денної та заочної форм навчання / Укл. : П.В. Махлін, Є.П. Іваненко, О.І. Кузьменко – НУ «Запорізька політехніка», 2026. – 57 с.

Укладачі:

П.В. Махлін, доцент, к.т.н.  
Є. П. Іваненко  
О.І. Кузьменко, зав. лаб.

Рецензент:

Шрам О.А зав. кафедри ЕПП, к.т.н.

Відповідальний  
за випуск:

Шрам О.А., зав. кафедри ЕПП, к.т.н.

Рекомендовано  
на засіданні НМК  
«Електротехнічного  
факультету»  
Протокол №10 від 21.05.26

Затверджено  
на засіданні кафедри  
“Електропостачання  
промислових  
підприємств”  
Протокол № 10 від 20.05.26

## ЗМІСТ

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Лабораторна робота №1 «ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ РЕЛЕ».....                                                        | 4  |
| 1.1 Мета роботи.....                                                                                       | 4  |
| 1.2 Програма роботи.....                                                                                   | 4  |
| 1.3 Короткі відомості.....                                                                                 | 4  |
| 1.4 Зміст звіту.....                                                                                       | 24 |
| 1.5 Питання до самоперевірки.....                                                                          | 24 |
| 2 Лабораторна робота №2 «ІНДУКЦІЙНІ РЕЛЕ».....                                                             | 25 |
| 2.1 Мета роботи.....                                                                                       | 25 |
| 2.2 Програма роботи.....                                                                                   | 25 |
| 2.3 Короткі відомості.....                                                                                 | 25 |
| 2.4 Зміст звіту.....                                                                                       | 33 |
| 2.5 Питання до самоперевірки.....                                                                          | 34 |
| 3 Лабораторна робота №8 «РЕЛЕ ЧАСУ, ПРОМІЖНЕ РЕЛЕ, РЕЛЕ<br>СТРУМУ З ТРАНСФОРМАТОРАМИ, ЩО НАСИЧУЮТЬСЯ»..... | 35 |
| 3.1 Мета роботи.....                                                                                       | 35 |
| 3.2 Програма роботи.....                                                                                   | 35 |
| 3.3 Короткі відомості.....                                                                                 | 35 |
| 3.4 Зміст звіту.....                                                                                       | 56 |
| 3.5 Питання до самоперевірки.....                                                                          | 56 |
| Перелік джерел посилань.....                                                                               | 57 |

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1**

### **" ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ РЕЛЕ "**

#### **1.1 Мета роботи**

Ознайомитись з принципом дії, конструкцією та параметрами спрацьовування електромагнітного реле.

#### **1.2 Програма роботи**

1.2.1 Ознайомитись з принципами виконання реле.

1.2.2 Ознайомитись з принципами дії електромагнітних реле.

1.2.3 Ознайомитись з конструкціями реле струму РТ-40, реле напруги РН-53, РН-54 та параметрами їх спрацьовування

1.2.4 Ознайомитись з сучасними реле струму та реле напруги.

#### **1.3 Короткі відомості**

##### **Елементи схеми релейного захисту**

Звичайно пристрої релейного захисту складаються з кількох реле, з'єднаних один з одним за визначеною схемою. Реле є автоматичний пристрій який спрацьовує при визначеному значенні вхідної величини яка впливає на нього. У релейній техніці застосовуються реле з контактами – електромеханічні і безконтактні, на напівпровідниках чи на феромагнітних елементах. У перших при спрацьовуванні замикаються чи розмикаються контакти. У других – при визначеному значенні вхідної величини стрибкоподібно змінюється вихідна величина, наприклад напруга [1, 2, 3, 4].

Кожний пристрій релейного захисту та його схема підрозділяються на дві частини : реагуючу та логічну. Реагуюча (чи вимірювальна) частина є головною, вона складається з основних реле, які безперервно отримують інформацію про стан елемента, що захищається, та реагують на пошкодження чи ненормальні режими, подаючи відповідні команди на логічну частину захисту. Логічна частина (чи оперативна) є допоміжною, вона сприймає команди реагуючої частини, і якщо їх послідовність та сполучення

відповідають заданій програмі, виконують завчасно передбачені операції і подає імпульс керування на відключення вимикачів. Логічна частина може виконуватися за допомогою електромеханічних реле чи схем з використанням електричних пристроїв – напівпровідникових чи на інтегральних мікросхемах.

У відповідності з цим підрозділом захисних пристроїв реле також поділяються на дві групи : на основні, реагуючі на пошкодження, та допоміжні, діючи по команді перших та застосовувані в логічній частині схеми. Ознакою появи к.з. можуть бути зростання струму  $I$ , зниження напруги  $U$  та зменшення опору ділянки, що захищається (відношення напруги до струму в даній точці мережі)

Відповідно цьому у якості реагуючого реле застосовують реле струму, та реле опору. У відповідності з вказаними реле частіше застосовують реле потужності, реагуючи на величину та напрям (знак) потужності короткого замикання (КЗ), що проходить через місце встановлення захисту. Реле, яке спрацьовує при зростанні величини, на яку вони реагують, називаються максимальним, а реле, яке спрацьовує при зниженні цієї величини, називається мінімальним [2, 3].

Для захисту від ненормальних режимів, також як і для захисту від КЗ, використовують реле струму та напруги. Перші працюють у якості реле які реагують на перевантаження електричної мережі чи споживача, а другі – небезпечне підвищення чи зниження напруги у мережі. Крім того, використовується ряд спеціальних реле, наприклад, реле частоти - діє при недопустимому зниженні чи підвищенні частоти; теплові реле - реагують на підвищення тепла, яке виділяється струмом при перевантаженні, та інші.

До числа допоміжних реле відносяться : реле часу, які призначені для уповільнення дії захисту; реле вказівні – для сигналізації та фіксації дії захисту; реле проміжне, яке передає дії основних реле на відключення вимикачів та працюють для виконання взаємного зв'язку між елементами захисту.

Кожне реле можна поділити на дві частини сприймаючу та виконавчу. Сприймаючий елемент в електромеханічних конструкціях має обмотку, яка живиться струмом чи напругою захищеного елемента в залежності від типу реле (струмові чи напруги). Реле потужності та реле опору мають дві обмотки (струму та напруги). Через обмотки реле сприймається зміна тієї електричної величини, на

яку вона реагує. Виконавчий елемент електромеханічного реле являє собою рухома систему, яка переміщуючись під впливом сил, що створюються сприймаючим елементом, діє на контакти реле, змушуючи їх замикатися чи розмикатися. Існують також реле, у яких рухома система реле діє безпосередньо механічним шляхом на відключення вимикача.

### **Принципи виконання реле**

У схемах релейного захисту та електричної автоматики широко застосовуються електромеханічні реле. Наявність таких недоліків електромеханічних реле, як великі розміри, значне споживання потужності від трансформаторів струму та напруги, труднощі у забезпеченні надійної роботи контактів призвели до пошуків більш сучасних принципів виконання реле. Нові принципи виконання реле за допомогою інтегральних мікросхем та мікропроцесорної техніки дозволяють суттєво покращити параметри й характеристики реле та перейти повністю чи частково на безконтактні схеми захисту [4, 5]. Поступово нові принципи виконання реле знаходять все більш практичне застосування.

Окрім реле, реагуючих на електричні величини, для захисту електричних машин та апаратів застосовуються реле, реагуючі на не електричну величину, тобто непрямым способом характеризують появу пошкоджень чи не нормальних режимів роботи. Наприклад, є такі реле, які реагують на появу газу чи підвищення тиску у кожухах маслонаповнених трансформаторів та реакторів; реле, реагуючі на підвищення температури трансформаторів та електричних машин.

Реле, що реагують на електричні величини можливо поділити на три групи :

а) реле, що реагують на одну електричну величину: струм чи напругу;

б) реле, що реагують на дві електричні величини: струм та напругу мережі чи дві напруги, кожна з яких є лінійною функцією струму чи напруги мережі;

в) реле, що реагують на три чи більше електричних величин.

До першої групи відносять реле струму та реле напруги. До другої належать реле потужності, опору та інші.

## Електромеханічні реле

Електромеханічні реле можуть виконуватися на електромагнітному, індукційному, електродинамічному, індукційно-динамічному та магнітно-електричному принципах.

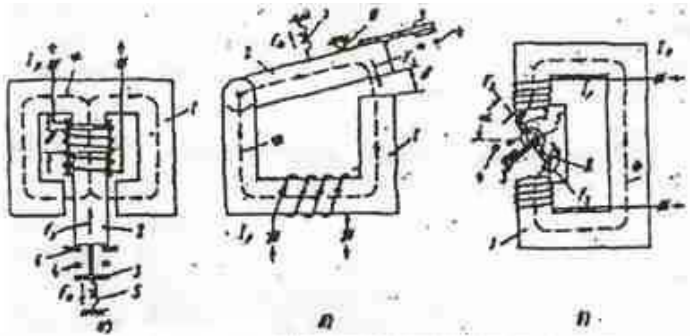
Контакти реле повинні забезпечувати надійне замикання та розмикання ланцюгів струму та бути розраховані на багаторазове спрацювання. Комутаційна здатність контактів умовно характеризується потужністю, при якій вони забезпечують надійне спрацювання. Величина цієї потужності  $S_k$  є добуток напруги джерела оперативного струму  $U$  на найбільший струм  $I_k$ , проходження якого допускається через контакт.

Обмотки реле повинні мати термічну стійкість, яка характеризується в залежності від типу реле величинами струму та напруги, а також тривалістю їх роботи. Крім того, реле характеризується потужністю, що споживається  $S_p$  (добуток струму  $I_p$ , який протікає по обмотці, на напругу  $U_p$  на затискачах цієї обмотки). Потужність, що споживається  $S_p$ , залежить від необхідної намагнічуючої сили обмоток для приведення в дію рухомої системи реле.

## Електромагнітні реле

Принцип дії : на рис. 1.1 приведені три основні різновидності конструкцій електромагнітних реле. Кожна конструкція включає в себе електромагніт 1, який складається зі сталевго осердя та обмотки, сталний рухомий якір 2, рухомі контакти 3, нерухомі контакти 4 та протидіючу пружину 5 [2, 3, 4].

Проходячи по обмотці електромагніта струм  $I_p$  створює намагнічуючу силу (н.с.)  $I_p \omega_p$  під дією якої збуджується магнітний потік  $\Phi$ . Магнітний потік замикається через осердя електромагніта, повітряний проміжок та ярмі, який під дією магнітних зусиль притягується до полюсу електромагніта. Перемістившись у кінцеве



положення, ярмі своїм рухомих контактом 8 замикає нерухомі контакти реле 4. Початкове положення обмежується упором 6. Електромагнітна сила, яка притягує сталений ярмі до електромагніту, пропорційна квадрату магнітного потоку  $\Phi$  в повітряному зазорі:

- а - з ярмом, що втягується
- б - з поворотним ярмом
- в - з поперечним рухом ярма

Рисунок 1.1 - Типи електромагнітних реле

$$F_z = k \Phi^2 . \quad (1.1)$$

Магнітний потік  $\Phi$  визначається по формулі

$$\Phi = I_p \omega_p / R_m , \quad (1.2)$$

де  $R_m$  - магнітний опір шляху по якому замикається магнітний потік,

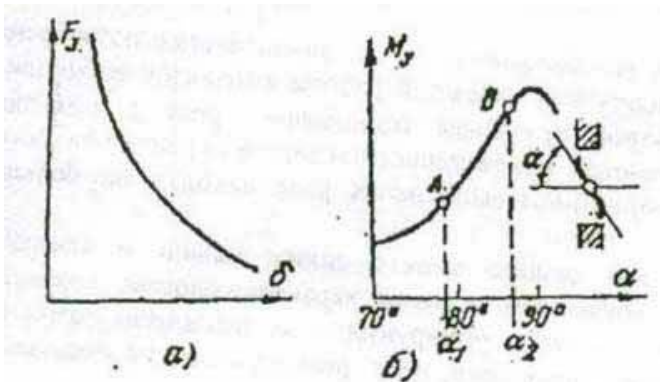
$\omega_p$  - кількість витків обмотки реле.

Підставивши вираз (1.2) у (1.1) маємо :

$$F_s = k \omega_p / R_m^2 I_p^2 = k' I_p^2 . \quad (1.3)$$

У реле з повторним якорем та поперечним рухом якорем (рис.2.1, а та б) електромагнітна сила створює обертаючий момент:

$$M_s = k'' I_p^2 . \quad (1.4)$$



а - реле з поворотним якорем  $F_s = f(\delta)$

б - реле з поперечним рухом якоря  $M_s = f(\alpha)$

Рисунок 1.2 - Залежність електромагнітної сили  $F_s$  та електромагнітного моменту  $M_s$  від повітряного зазору

Коефіцієнти  $k'$  та  $k''$  у формулах (1.3) та (1.4) залежать від  $R_m$  та від цього зберігають постійне значення тільки при відсутності насиченості.

З (1.3) і (1.4) випливає, що електромагнітна сила  $F_s$  та її момент  $M_s$  пропорційні квадрату струму  $I_p$  в обмотці реле і мають постійний напрямок, що не залежить від напрямку (знака) струму. Тому електромагнітний принцип широко використовується для

виготовлення реле струму, напруги, проміжного, вказівного реле та реле часу

При переміщенні якоря електромагнітного реле зменшуються повітряний зазор  $\delta$  (рис. 1.1) і відповідно  $R_m$ . При незмінному струмі в реле зменшення  $R_m$  викликає збільшення магнітного потоку  $\Phi$ , що обумовлює у свою чергу відповідне зростання сили  $F_z$ . Таким чином, сила  $F_a$  і момент  $M_z$  є деякою функцією положення якоря, тобто повітряним зазором  $\delta$  (а у системах з поперечним рухом якоря кутом  $\alpha$ ). Найбільше просто ця залежність знаходиться для реле з поворотним якорем (рис. 1.1, б), у яких магнітне поле в повітряному зазорі однорідне. У цьому випадку магнітний опір повітряного зазору:

$$R_m = \delta / 4\pi S, \quad (1.5)$$

а електромагнітна сила, що діє на якір:

$$F_z = k I^2 p / \delta. \quad (1.6)$$

Отже, сила тяжіння у реле з поворотним якорем обернено пропорційна довжині повітряного зазору  $\delta$ .

У реле з поперечним рухом якоря та з якорем що втягується, поле в повітряному зазорі не можна вважати однорідним. Для цієї конструкції залежність  $F_z = f(\delta)$  має складний характер (рис. 1.2, а і б). Криві на рис. 1.2 побудовані в припущенні, що струм при переміщенні якоря не змінюється, тобто що він не залежить від реактивного опору  $X_p$  обмотки реле, що змінюється при зміні магнітного потоку  $\Phi$ . До цієї групи реле відносяться струмові реле, що живляться змінним струмом мережі ( $I_p$ ), на який не впливають параметри реле, а також реле постійного струму, у яких  $I_p$  не залежить від  $X_p$ .

### Струм спрацьовування, струм повернення

Для спрацьовування реле необхідно, щоб електромагнітна сила та її момент перевершували сили опору пружини  $F_p$ , тертя і ваги  $F_t$ . Реле починає рух, коли

$$F_z = F_{z.c.p.} = F_n + F_m \text{ чи } M_z = M_{z.c.p.} = M_n + M_m. \quad (1.7)$$

Величині  $M_{з.с.р}$  відповідає зазначений струм  $I_p$ , необхідний для спрацювання.

Найменший струм, при якому реле спрацює, називається струмом спрацювання і позначається  $I_{с.р}$

$$I_p = I_{с.р} = R_m / \omega_p (M_{с.р} / k) \quad (1.8)$$

У більшості конструкцій передбачається можливість регулювання  $I_{с.р}$ , що, можна здійснювати шляхом зміни числа витків обмотки реле  $W_p$ ; величини моменту  $M_n$  протидіючої пружини, величини повітряного зазору  $\delta$  з врахуванням залежності  $R_m = f(\delta)$ .

Найбільший струм, при якому якір реле повертається в початкове положення, називається струмом повернення реле  $I_{нов}$ .

Відношення струмів  $I_{нов} / I_{с.р}$  називається коефіцієнтом повернення  $k_{нов}$ .

У реле, що реагують на зростання струму,  $I_{с.р} > I_{нов}$  і  $k_{нов} < 1$ . Величина  $k_{нов}$  у різних конструкцій коливається в досить широких межах - до 0,98.

## Максимальне реле струму типу РТ-40

Максимальні реле струму РТ-40 застосовуються в пристроях релейного захисту та в протиаварійній автоматиці як орган, що реагує на підвищення струму в контрольованому ланцюзі. [3, 4] Загальний вид електромагніта реле представлений на рис. 1.3. Магнітна система реле складається з П-подібного шихтованого осердя 1 і Г-подібного якоря 2. У сердечнику електромагніта під обмотками мають вирізи призначені для зниження вібрації рухливої системи при великих і несинусоїдальних струмах. При піках несинусоїдального струму ділянки сердечника зі зменшеним перетином насичуються й обмежують величину магнітного потоку.

Положення якоря в початковому та кінцевому положенні фіксується упорними гвинтами 3, закріпленими контргайками чи пружинними пластинками для запобігання від самовідгвинчування. Якір реле утримується в початковому положенні за допомогою протидіючої спіральної пружини 4, один кінець якої зв'язаний з

якорем, а інший - з показчиком уставки 5. При повороті показчика уставки змінюється протидіючий момент пружини і відповідно струм спрацьовування реле. Необхідне положення показчика визначається по поділкам на шкали реле 6. Жорсткість протидіючої пружини  $1,0 \text{ Н-мм/90}^0$ . При повороті показчика від мінімальної уставки до максимальної (кут повороту близько  $90^0$ ) момент протидіючої пружини збільшується в 4 рази (пропорційно квадрату струму). До якоря прикріплені опорна скоба і пластмасова колодка з двома рухливими контактами. До верхньої частини скоби прикріплений порожній барабанчик 7 з радіальними перегородками усередині, порожнина барабанчика заповнена просушеним кварцовим піском.

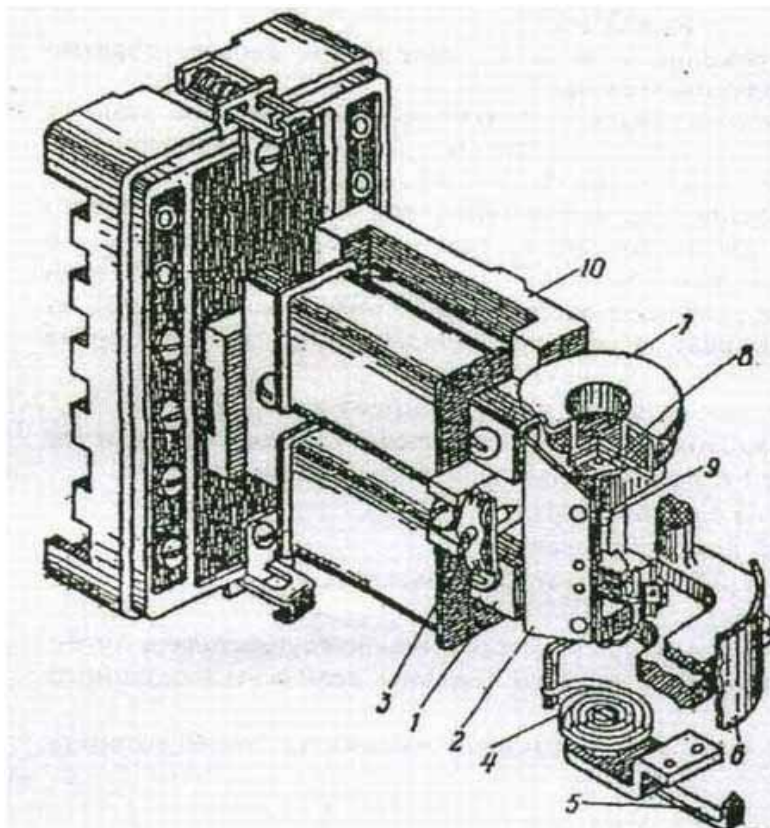


Рисунок 1.3 - Загальний вид реле РТ-40

При будь-якому прискоренні рухливої системи піщини починають рухатися і частину наданій якорю енергії витрачається на подолання сил тертя між піщинками. Останнє приводить до значного зниження вібрацій рухливої системи від перемінної складової тягової сили електромагніту і зменшує вібрацію контактів при з'єднанні. Між барабанчиком та опорною скобою поміщена шайба з вузьким центральним отвором (відповідний отвір має у скобі) є бронзова пластинка 8, що служить опорною площиною для підвіски рухливої системи реле. Рухлива система у верхній частині спирається бронзовою пластинкою на штифт з сферичним кінцем, який

укріплений у вкладиші 9 на рамці-підставі 10 і проходить крізь отвір в опорній скобі і шайбі. У нижній частині переміщення осі рухливої системи в горизонтальній площині обмежується таким же штифтом, що проходить через отвір у нижній відігнутій частині опорної скоби. Сама скоба обмежує переміщення рухливої системи наверх.

На сердечнику розташовані дві обмотки, кінці яких виведені на затискачі цоколя реле. Перестановкою перемичок на цих затисках можна здійснювати паралельне і послідовне з'єднання обмоток реле і відповідно змінювати величину уставок у 2 рази. Цифри, нанесені на шкалі, відповідають послідовному з'єднанню обмоток. Реле має один замикаючий та один контакт, що розмикається. Для більш чіткої роботи контактів, рухомі контакти вільно повертаються. Нерухомі контакти приварені до плоских бронзових пружин, переміщення яких обмежується гнучкими зовнішніми та твердими внутрішніми упорами 3. Внутрішні упори виконані з відносно товстої латуні і з'єднані замком з контактною пружиною. При регулюванні контактні пружини, підгинаються разом з латунним внутрішнім упором, що зменшує наступне розрегулювання контактів через зменшення залишкової деформації.

Усі вузли реле змонтовані на рамці з алюмінієвого сплаву (рис. 1.4), укріпленої на пластмасовому цоколі реле, та закриті прозорим полістирольним кожухом. Кріплення кожуха до цоколя виконується пружинними замками. Отвори у сердечнику реле для гвинтів, що кріплять його до рамки, мають збільшений діаметр, що дозволяє регулювати зазор між полюсами сердечника та якоря.

Реле виробляють у дев'яти виконаннях з різними уставками спрацьовування (таблиця 1.1)

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики реле РТ-40

| Реле          | Діапа-<br>зон<br>уста-<br>вок ,<br>А | З'єднання обмоток                     |                          |                         |                                        |                             |                            | Споживаєма потужність<br>при струмі мінімальній |
|---------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|
|               |                                      | послідовно                            |                          |                         |                                        | Паралельно                  |                            |                                                 |
|               |                                      | Струм<br>спрац<br>ьовува<br>ння,<br>А | Термічна<br>стійкість, А |                         | Струм<br>спрац<br>ьову-<br>вання,<br>А | Термічна<br>стійкість,<br>А |                            |                                                 |
|               |                                      |                                       | довг<br>о                | У<br>прод<br>овж<br>1 с |                                        | дов<br>го                   | У<br>про<br>дов<br>ж<br>1с |                                                 |
| РТ-<br>40/0,2 | 0,05-<br>0,2                         | 0,05-<br>0,1                          | 0,55                     | 15                      | 0,1-0,2                                | 1,1                         | 30                         | 0,2                                             |
| РТ-<br>40/0,6 | 0,15-<br>0,6                         | 0,15-<br>0,3                          | 1,75                     | 50                      | 0,3-0,6                                | 3,5                         | 100                        | 0,2                                             |
| РТ-40/2       | 0,5-2                                | 0,5-1                                 | 4,15                     | 100                     | 1-2                                    | 8,3                         | 200                        | 0,2                                             |
| РТ-40/5       | 1,5-6                                | 1,5-3                                 | 11                       | 300                     | 3-6                                    | 22                          | 600                        | 0,5                                             |
| РТ-<br>40/10  | 2,5-10                               | 2,5-5                                 | 17                       | 400                     | 5-10                                   | 34                          | 800                        | 0,5                                             |
| РТ-<br>40/20  | 5-20                                 | 5-10                                  | 19                       | 400                     | 10-20                                  | 38                          | 800                        | 0,5                                             |
| РТ-<br>40/50  | 12,5-<br>50                          | 12,5-<br>25                           | 27                       | 500                     | 25-50                                  | 54                          | 100<br>0                   | 0,8                                             |
| РТ-<br>40/100 | 25-100                               | 25-50                                 | 27                       | 500                     | 50-100                                 | 54                          | 100<br>0                   | 1,8                                             |
| РТ-<br>40/200 | 50-200                               | 50-100                                | 27                       | 500                     | 100-<br>200                            | 54                          | 100<br>0                   | 8                                               |

## Сучасні електромеханічні реле струму та реле напруги

Ринок захисних реле в Україні та Європі досить широкий, але лідируючі позиції займають кілька основних брендів. Перелічимо їх особливості, сильні сторони та репутацію:

**DS Electronics (TM ZUBR)** – український виробник, чия продукція добре відома як на вітчизняному, так і на європейському ринку. Під брендом **ZUBR** компанія випускає широкий спектр реле напруги (одно- та трифазних) для різних навантажень, а також інші пристрої автоматизації. Більшість моделей **ZUBR** розраховані на широкий діапазон напруги (100–420 В) і мають високу чутливість (тип реле – електронне, поляризоване, з швидким відгуком). Також компанія приділяє увагу безпеці: практично всі нові реле **ZUBR** оснащуються термозахистом і негорючим корпусом, а матеріали і збірка відповідають українським та міжнародним стандартам.

**DigiTOP**. Українсько-молдавська компанія спеціалізується на пристроях контролю параметрів мережі. У лінійці є моделі реле виконані на різниці струми – 16 А, 20 А, 32 А, 40 А, 50 А, 63 А тощо, зокрема з індексом **M3** (нове покоління з покращеним функціоналом). Так, **DigiTOP VP-50A-M3R** – однофазне реле на DIN-рейку з максимальним струмом 50 А та вбудованим термозахистом. Загалом можливості **DigiTOP** схожі з **ZUBR**: доступні регулювання порогів, затримки, цифровий дисплей. Деякі моделі оснащені функцією обмеження споживаної потужності та контролю струму (наприклад, серія AP, комбіновані пристрої). Якість **DigiTOP** оцінюється електриками як гідне для свого цінового сегменту: за надійністю ці реле дещо поступаються преміальним європейським.

**Novatek-Electro** – українсько-британська компанія, відома своїми пристроями серії «Вольт Контроль» та «RNPP» для захисту від перенапруги. Культовою моделлю **Novatek** стала **EH-116 (PH-116) Volt Control** – розеточне реле з двома ручками налаштування. Вона й сьогодні користується попитом завдяки простоті й надійності: витримує навантаження 16 А (3,5 кВт), не потребує обслуговування, порогові встановлюються механічно, а затримка спрацьовування

фіксована близько 5–7 секунд. Такі прилади встановлюють для захисту холодильників, морозильних камер та газових котлів. Реле **ЕН-116** здатний працювати в складних умовах (наприклад, за мінусових температур). Окрім нього, Novatek-Electro випускає і **сучасні цифрові реле** – наприклад, **серія UZM** для монтажу в щиток, розрахована на великі струми (є моделі на 25 А, 32 А і вище) з функціями контролю як напруги, так і струму.

**Asko-УкрЕМ** – ще один українська компанія, що випускає захисні пристрої: переносні реле-регулятори серії «Потенціометр» (з ручними налаштуваннями), модульні реле напруги різних типорозмірів. Asko-УкрЕМ робить акцент на **доступності**. За якістю РБУЗ трохи поступається ZUBR і Novatek (ресурс у реле менший, відхилення спрацювання трохи більше), однак загалом пристрої відповідають ДСТУ та мають необхідні сертифікати. В одному з опитувань споживачів Asko-УкрЕМ посів **2-ге місце за популярністю** серед брендів реле напруги на українському ринку (поступившись тільки Novatek-Electro). Ключовий продукт – реле серії **RN-xx** на DIN-рейку (наприклад, RN-40 на 40 А, RN-63 на 63 А), якими оснащуються багато недорогих щитків. Також є лінійка **VB-xx** – у вигляді подовжувача з кількома розетками і вбудованим реле, що зручно для захисту одразу кількох приладів. Якщо бюджет обмежений.

**ColorWay та Real-EI** – торгові марки, що відносно нещодавно вийшли на ринок захисних пристроїв. У 2021–2022 рр. фірма почала випускати реле напруги для побутового використання. **ColorWay** пропонує моделі серії **CW-VR16** у трьох варіантах: DS1 та DS2 (з цифровим дисплеєм, відрізняються дизайном) і LED1 (спрощений варіант без дисплея, з індикаторами). **Real-EI** випустив пристрої **VR-107P** (цифрове, 15 А) та **VR-101F** (без екрану, 15 А з фіксованими порогами). Реле має термостійкий корпус, дисплей, налаштування порогів 150–280 В і витримує 16 А. Пристрої рятують техніку від перенапруг. Пристрої мають **захисні шторки** в розетках (знімають ризик ураження струмом при випадковому дотику).

**Schneider Electric, ABB, Eaton (Moeller)** – провідні світові виробники електрообладнання, що пропонують і рішення для контролю напруги. Їхня продукція належить до преміум-класу і, як правило, використовується професіоналами для захисту відповідальної апаратури. Наприклад, **Schneider Electric** випускає серію модульних реле **Zelio Control (RM17, RM35)**, які контролюють як перенапругу, так і зниження, відрізняються найвищою точністю і ресурсом. Ці прилади можуть працювати в широкому діапазоні (деякі моделі – **15–600 В AC/DC**) і мають змінні перемикаючі контакти для керування потужними контакторами. Вартість у них відповідна: однофазне реле Schneider RM17UA для 220 В коштує близько *4000 грн* за штуку, що у рази дорожче за побутові аналоги. **ABB** пропонує серію CM-MPN (однофазні) та CM-MPS (трифазні контролери напруги), **Eaton** – серію EMR6. Всі вони схожі за концепцією: максимум надійності, широкий функціонал (наприклад, деякі мають регулювання гістерезису, вибір режиму роботи – авто/ручний рестарт), але розраховані на використання у шафах автоматизації разом із іншими компонентами. Якщо говорити саме про захист житла, то Schneider і ABB має сенс ставити на ввіді як частину комплексної системи (разом із ПЗВ, аварійним вводом резерву тощо) у великих будинках.

Найбільш популярні Українські підприємства, що випускають електромеханічні реле:

**DS Electronics (TM ZUBR/terneo):** Київська компанія, що спеціалізується на реле напруги, терморегуляторах. Хоча в основі лежить електроніка, вони використовують надійні електромеханічні реле для комутації навантаження.

**ТОВ «Техномаркет Електрик» (Dnipro):** Виробник низьковольтного обладнання, включаючи контактори, реле та запчастини.

**ТОВ «СВ Альтера-Миколаїв»:** Постачальник та виробник систем енергозбереження та обладнання для мереж низької напруги.

**ПрАТ «РЕЛСіС» (RELSiS):** Відомий український виробник релейного захисту та автоматики, який виробляє широкий спектр промислових електромагнітних реле.

Українська фірма РЕЛСіС випускає сучасні електромеханічні реле струму та напруги, що підключаються до трансформаторів струму та напруги для елементів електричних мереж та споживачів електричної енергії. У таблиці 1.2 наведені реле струму, що випускаються фірмою РЕЛСіС та реле, замість яких рекомендується їх застосовувати, на рис. 1.4, 1.5 наведені ці реле [6].

Таблиця 1.2 - Заміна електромагнітних реле струму на реле фірми РЕЛСіС

| Реле фірми РЕЛСіС                                                                             | Реле, що замінюються                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <a href="#"><u>АЛ-1</u></a>                                                                   | PCT 11, PCT 13, PCT 40-1, PCT 11M     |
| <a href="#"><u>АЛ-3-В</u></a>                                                                 | Серія PC 40, серія PT 40              |
| <a href="#"><u>АЛ-4</u></a><br><a href="#"><u>АЛ-4-1</u></a><br><a href="#"><u>АЛ-4-2</u></a> | PT3 51, PT3 51.01, PT3 51+PB, PCT 40- |

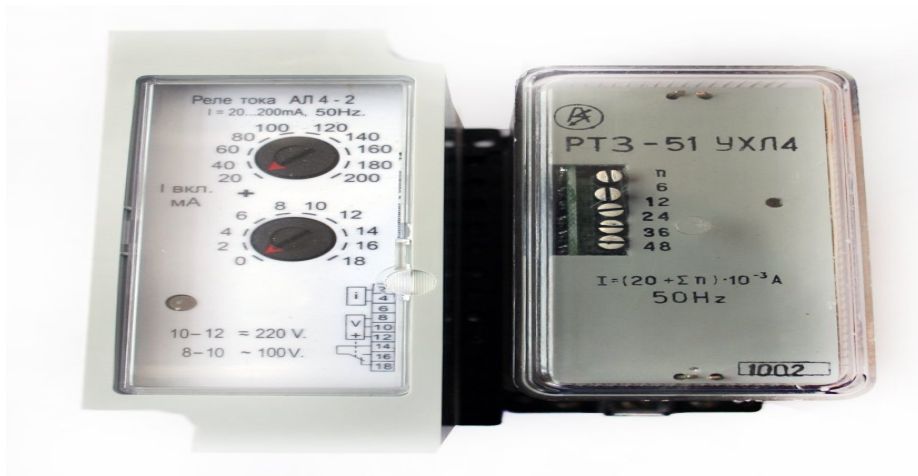


Рисунок 1.4 – Заміни реле струму типу PT3-51 на реле фірми РЕЛСіС

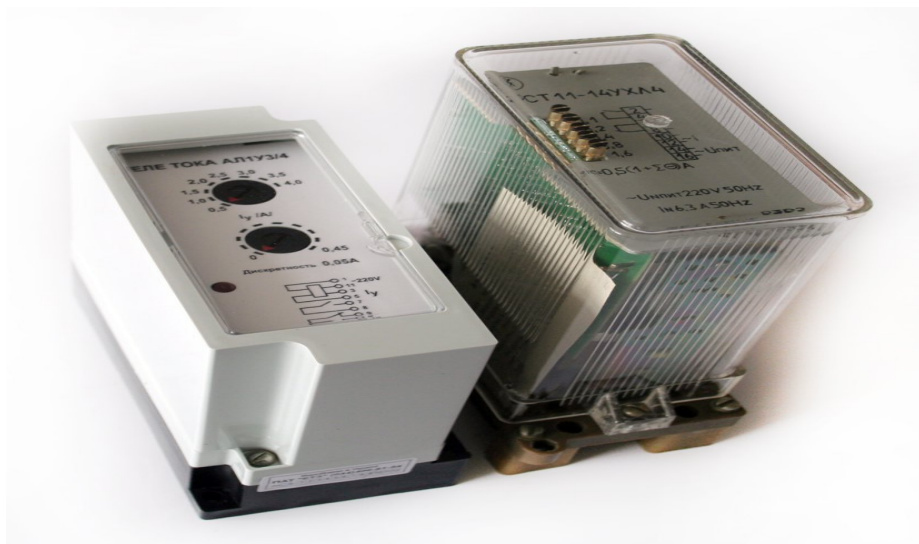


Рисунок 1.5 – Заміни реле струму типу РСТ-11 на сучасні реле фірми РЕЛСіС

У таблиці 1.3 наведені технічні характеристики реле струму фірми РЕЛСіС (в таблиці введені позначення контактів з - замикаючі, р - розмикаючі, п - перемикаючі)

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики реле струму фірми РЕЛСіС

| Діапазон уставок спрацьовування, А                                | Напруга живлення, В                        | Кількість контактів | Відмінні особливості                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,05 - 0,40<br>0,125 - 1,0<br>0,5 - 4,0<br>2,5 - 20<br>12,5 - 100 | <b>DC</b> =110, 220<br><b>AC</b> ~110, 220 | 1z<br>1p            | Реле захисту енергосистем від збільшення електричного струму                                                                                                                                                                                                                            |
| 1 - 4<br>4 -12<br>12 - 30                                         | без оперативного живлення                  | 1z+1p               | Двофазні реле струму з незалежною витримкою часу. Замінює: РС-40М2 + РВ, РСТ-40-3 + РВ, 2 реле РТ-40 + РВ, РС-40М21. Діапазон струмів спрацьовування від 1 до 30 А в одному виконанні з витримкою часу 0,1...99с, можливість підключення для роботи в однофазному і двофазному режимах. |
| 0,015 - 0,150                                                     | <b>DC</b> =110, 220<br><b>AC</b> ~100, 220 | 1п                  | Реле струму земляного захисту                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 0,02 - 0,2<br>дискретність 0,002                                  | <b>AC</b> ~100-110,<br><b>AC/DC</b> ~/=220 | 1п                  | Реле струму земляного захисту (аналог <b>РТЗ-51</b> )                                                                                                                                                                                                                                   |
| 0,02 - 0,2<br>дискретність 0,002                                  | <b>AC</b> ~100-110,<br><b>AC/DC</b> ~/=220 | 1п                  | Реле струму земляного захисту (аналог РТЗ-51)                                                                                                                                                                                                                                           |

У таблиці 1.4 наведені реле напруги, що випускаються фірмою РЕЛСіС та реле, замість яких рекомендується їх застосовувати а на рис.1.8 наведений приклад такого реле [7].

Таблиця 1.4 - Заміна електромагнітних реле напруги на реле фірми РЕЛСІС

| Реле фірми РЕЛСІС       | Реле, що замінюються           |
|-------------------------|--------------------------------|
| <b>НЛ-6А-1, НЛ-7А-1</b> | РН 53Б, РН 53-60/Д, РН 54      |
| <b>НЛ-9А</b>            | РСН 50-6+РСН 50-7, РН 53+РН 54 |
| <b>НЛ-18-1</b>          | РСН 50-6                       |
| <b>НЛ-18-2</b>          | РСН 50-7                       |
| <b>НЛ-19</b>            | РСН 50-6+РСН 50-7, РН 53+РН 54 |

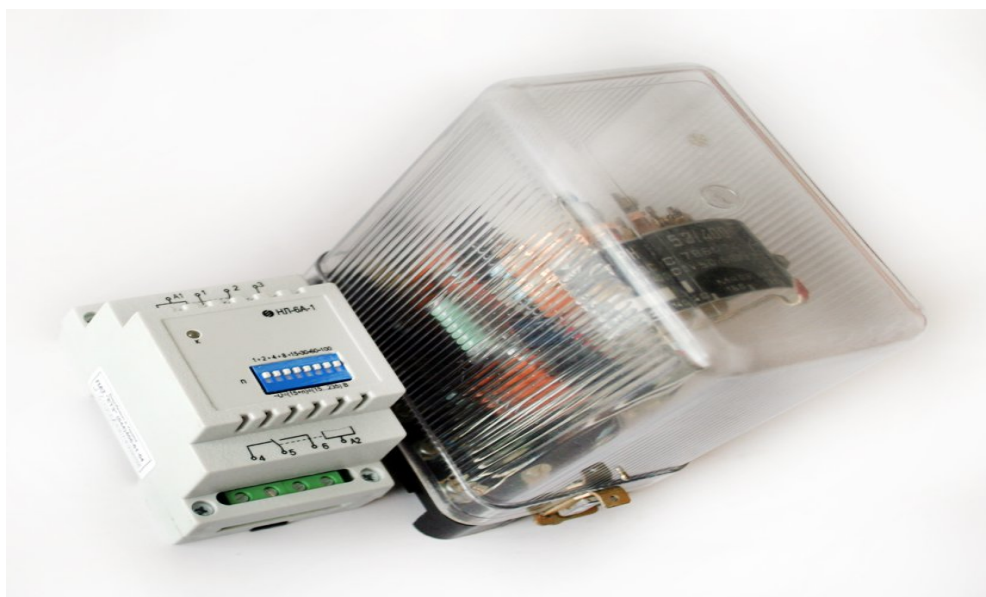


Рисунок 1.6 - Заміни реле напруги на сучасне реле фірми РЕЛСІС

У таблиці 1.5 приведені технічні характеристики реле напруги фірми РЕЛСІС (в таблиці введені позначення контактів з - замикаючі, р - розмикаючі, п – перемикаючі)

Таблиця 1.5 - Технічні характеристики реле напруги фірми РЕЛСІС

| Реле РЕЛСІС                                                      | Відмінні особливості                                                                          | Діапазон уставок         | Номінальна напруга, В | Кількість контактів |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| <a href="#"><u>НЛ-6А-1</u></a>                                   | Реле максимальної напруги                                                                     | 15 - 235 В               | АС 220                | 2 п                 |
| <a href="#"><u>НЛ-6А-2</u></a>                                   | Реле максимальної напруги з витримкою часу                                                    | 12 - 132 В<br>0,1 - 30 с | АС 110                | 2 п                 |
| <a href="#"><u>НЛ-7А-1</u></a>                                   | Реле мінімальної напруги                                                                      | 15 - 195 В               | АС 220                | 2 п                 |
| <a href="#"><u>НЛ-8А-1</u></a>                                   | Реле мінімальної та максимальної напруги постійного струму                                    | 18 - 235 В               | DC 24, 60, 110, 220   | 2 п                 |
| <a href="#"><u>НЛ-11</u></a>                                     | Реле мінімальної трифазної напруги                                                            | 40 - 340 В<br>0,1 - 30 с | АС 100, 220, 380      | 2 п                 |
| <a href="#"><u>НЛ-18-1</u></a><br><a href="#"><u>НЛ-18-2</u></a> | Програмовані реле максимальної (НЛ-18-1) та мінімальної напруги (НЛ-18-2). Цифрова індикація. | 85 - 253 В<br>0 - 300 с  | АС/DC 100, 220        | 1 п                 |
| <a href="#"><u>НЛ-19</u></a>                                     | Програмоване реле максимальної та мінімальної напруги Цифрова індикація.                      | 85 - 253 В<br>0 - 300 с  | АС/DC 100, 220        | 1 п                 |

## **1.4 Зміст звіту**

- 1.4.1 Тема, мета, обладнання.
- 1.4.2 Принцип дії електромагнітного реле.
- 1.4.3 Реле струму типу РТ-40.
- 1.4.4 Реле напруги типу РН-53, РН-54
- 1.4.5 Реле струму та реле напруги фірми РЕЛСіС

## **1.5 Питання для самоперевірки**

- 1.5.1 Який апарат називається реле?
- 1.5.2 Як поділяються реле в залежності від виду контактів?
- 1.5.3 На які дві частини поділяються пристрої захисту?
- 1.5.4 Які признаки к.з. можуть бути у схемах електропостачання?
- 1.5.5 На які параметри електричної мережі можуть реагувати реле?
- 1.5.6 Які реле відносяться до допоміжних?
- 1.5.7 На які частини можна поділити реле?
- 1.5.8 В чому полягає принцип дії електромагнітних реле?
- 1.5.9 Чому електромагнітні реле можуть використовуватися як для постійного так і для змінного струму?
- 1.5.10 Що таке струм спрацювання реле?
- 1.5.11 Що таке струм повернення реле?
- 1.5.12 Що таке коефіцієнт повернення реле?
- 1.5.13 Яка конструкція реле РТ-40?
- 1.5.14 Призначення протидіючої пружини.
- 1.5.15 З якою метою поділена обмотка реле РТ-40?
- 1.5.16 Сучасні електромеханічні реле струму фірми РЕЛСіС.
- 1.5.16 Сучасні електромеханічні реле напруги фірми РЕЛСіС.

## 2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 "ІНДУКЦІЙНІ РЕЛЕ"

### 2.1 Мета роботи

Ознайомитися з принципом дії та конструкцією індукційного реле напрямку потужності; ознайомитися з принципом дії та конструкцією індукційного реле струму серії РТ-80, РТ-90.

### 2.2 Програма роботи

- 2.2.1 Ознайомитись з інструкцією з виконання роботи.
- 2.2.2 Вивчити теоретичний матеріал з теми роботи.
- 2.2.3 Відповісти на контрольні питання.
- 2.2.4 Скласти звіт.

### 2.3 Короткі відомості

#### Індукційні реле напрямку потужності

Реле напрямку потужності реагують на величину і знак потужності, підведеної до їхніх затисків. Вони використовуються в схемах захистів як орган, що визначає напрямок (знак) потужності, де відбулося ушкодження - на лінії, що захищається, чи на інших приєднаннях, що відходять від шин підстанції. У першому випадку потужність короткого замикання ( $KЗ$ )  $S_{K1}$ , спрямована від шин у лінію і реле напрямку потужності повинне замикати свої контакти, у другому - потужність  $KЗ$   $S_{K2}$  спрямована до шин, у цьому випадку реле не повинне замикати контакти.

Реле потужності має дві обмотки: одна підключається до трансформатору напруги, а інша - до трансформатору струму мережі. Взаємодія струмів, що проходять по обмотках, створює електромагнітний момент, величина і знак якого залежать від напруги  $U_p$ , струму  $I_p$  і кута зрушення  $\phi_p$  між ними.

Реле напрямку потужності застосовуються в спрямованих захистах. Вони повинні мати високу чутливість, тому що при к.з.

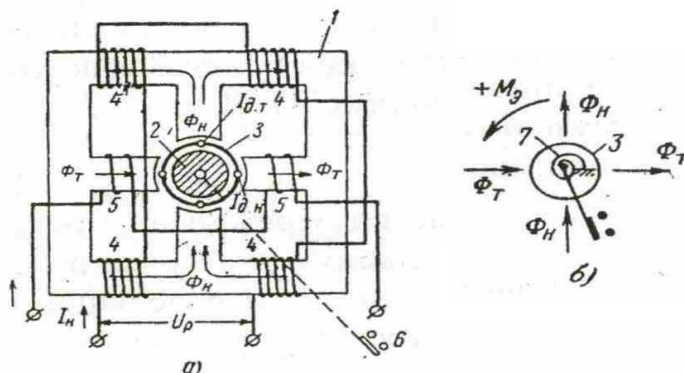
поблизу місця установки захисту напруга  $U_p$  різко знижується. При цьому потужність, яка підводиться до реле, може бути дуже малою і при недостатній чутливості реле може не спрацювати, тобто має місце "мертва" зона.

Чутливість реле оцінюється мінімальною потужністю, при якій реле замикає свої контакти. Ця потужність називається потужністю спрацювання і позначається  $S_{c.p.}$

Реле напрямку потужності виконуються миттєвої дії, оскільки вони можуть застосовуватися в захистах, що працюють без витримки часу. Власний час спрацювання реле напрямку потужності повинен бути мінімальним, що особливо важливо для швидкодіючих захистів,

### Конструкція та принцип дії індукційних реле напрямку потужності

Конструкції індукційних реле потужності виконуються з рухливою системою у вигляді циліндричного ротора (рис. 2.1).



а – реле напрямку потужності  
в – векторна діаграма магнітних потоків у вікні магнітопроводу

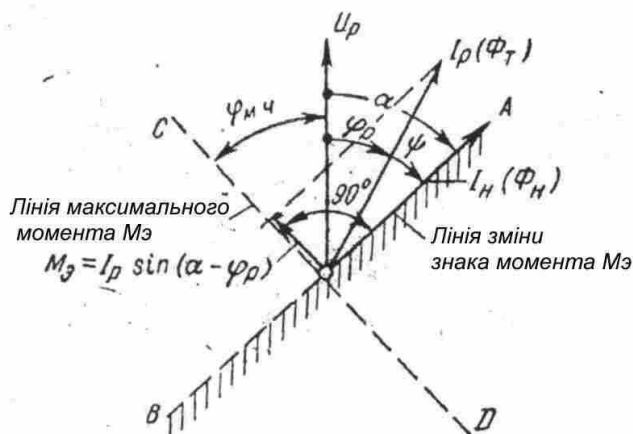
Рисунок 2.1 – Індукційне реле напрямку потужності

Реле має чотириполусний магнітопровід 1. Між полюсами встановлений з електротехнічної сталі циліндр 2, що підвищує

магнітну проникність міжполюсного простору. Алюмінієвий циліндр (ротор) 3 може обертатися в зазорі між сталевим осердям і полюсами. При обертанні ротора 3 відбувається замикання контактів реле 6.

Для повернення ротора і контактів у початкове положення передбачається спіральна протидіюча пружина 7.

Обмотка 4 живиться напругою  $U_p = U_c/n_n$  а обмотка 5 - струмом  $I_p = I_c/n_m$ , де  $U_c$  і  $I_c$ - напруга і струм мережі ( елемента, що захищається,). Струм  $I_n = U_p/z_n$ , в обмотці 4 створює магнітний потік  $\Phi_n$ . Струм  $I_p$ , що проходить по обмотці 5. у свою чергу створює магнітний потік  $\Phi_m$ .



Рисуні

к 2.2 – Векторна діаграма реле напрямку потужності

Векторна діаграма магнітних потоків  $\Phi_n$  і  $\Phi_m$  показана на рис.2.2. За вихідний для її побудови приймається вектор напруги  $U_p$ . Струм  $I_n$  зміщений по фазі щодо напруги  $U_p$  на кут  $\alpha$ , а струм  $I_p$  - на кут  $\phi_p$ .

Кут  $\alpha$  визначається індуктивним і активним опором обмотки 4, що живиться напругою, і називається кутом внутрішнього зміщення реле. Кут  $\phi_p$  залежить від зовнішніх параметрів мережі і схеми приєднання реле.

Магнітні потоки  $\Phi_n$  і  $\Phi_m$  зображені на діаграмі співпадаючими з струмами, що їх створюють,  $I_n$  і  $I_p$ .

З векторної діаграми випливає, що потік  $\Phi_n$  і  $\Phi_m$ , а також і струми  $I_n$  і  $I_p$  зміщені по фазі на кут  $\psi = \alpha - \varphi_p$  і що кут  $\psi$  міняється зі зміною  $\varphi_p$ .

Магнітні потоки  $\Phi_n$  і  $\Phi_m$  пронизують рухливу систему реле і наводять у ній вихрові струми  $I_{dn}$  і  $I_{dm}$ . Взаємодія вихрових струмів з магнітними потоками створює електромагнітний момент  $M_2$  відповідно до формули:

$$M_2 = \kappa \cdot \Phi_n \cdot \Phi_m \cdot \sin \psi \quad (2.1)$$

Так як, магнітні потоки пропорційні струмам, то

$$M_2 = \kappa_I \cdot U_p \cdot I_p \cdot \sin(\alpha - \varphi_p) = \kappa_I \cdot S_p. \quad (2.2)$$

Аналізуючи вираження (2.1) та (2.2), можна зробити наступні висновки:

1. Електромагнітний момент реле пропорційний потужності  $S_p$  на затисках реле.

2. Знак електромагнітного моменту реле визначається знаком  $\sin(\alpha - \varphi_p)$  і залежить від значення  $\varphi_p$ . Синус кута  $(\alpha - \varphi_p)$ , а отже, і  $M_2$ , позитивні, коли кут  $\varphi_p$  знаходиться в межах від 0 до  $180^\circ$ , і негативний, якщо  $\varphi_p$  міняється від  $180$  до  $360^\circ$ . Це ілюструється рис.2.2, де зона негативних моментів заштрихована. За позитивний напрямок моменту  $M_2$  прийнята дія  $M_2$  проти годинникової стрілки - на замикання контактів. Незаштрихована частина діаграми відповідає області позитивних моментів, де  $\Phi_m$  випереджає  $\Phi_n$  на кут  $\psi$  і його синус мають позитивний знак.

3. Реле не діє, якщо відсутня напруга чи струм в реле, або якщо  $\sin(\alpha - \varphi_p) = 0$ .

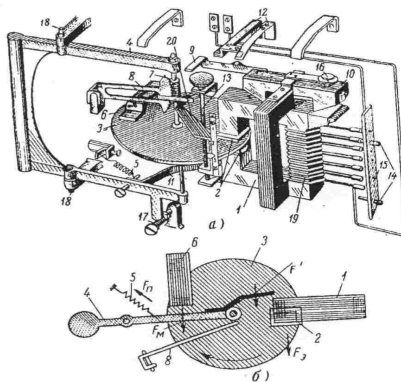
Остання умова має місце при  $\varphi_p = \alpha$  і  $\varphi_p = \alpha + 180^\circ$ .

Таким чином розглянута конструкція реле, що реагує на величину і знак потужності.

## Індукційне реле струму серії РТ-80 та РТ-90

Реле серії РТ-80 і РТ-90 складається з двох елементів: індукційного з обмежено залежною характеристикою часу та електромагнітного - діючого миттєво і називаного тому відсічкою.

Спільна робота обох елементів (рис. 2.3) дозволяє одержати характеристику витримки часу дуже зручну в експлуатації. При струмах більше струму спрацьовування електромагнітного елемента **І<sub>з.с.р</sub>** реле працює без витримки часу. При струмах, менших **І<sub>з.с.р</sub>**, працює з витримкою часу, яка визначається обмеженою залежною характеристикою.



а - конструкція реле струму РТ-80

б – індукційний елемент реле РТ-80

Рисунок 2.3 –Реле струму серії РТ-80

Індукційний елемент має електромагніт 1 з короткозамкнутими витками 2. З появою струму в обмотці 19 збуджується електромагнітний потік, що пронизує диск 3. В диску 3 виникають вихрові токи, створюють своє магнітне поле, яке взаємодіє з основним магнітним потоком і виникає обертаючий момент. Диск обертається на осі в підшипниках, установлених на рухливій рамці 4. Рамка 4 має

свою вісь обертання 18, укріплену на корпусі реле. Пружина 5 притягає рамку до упора 17. На осі диска насажан черв'як 7, що обертається разом з віссю і диском. Черв'як 7 і зубцюватий сегмент 8, керуючий роботою контактів реле 12, нормально розчеплені. Для дії реле необхідно, щоб черв'як зчепився з зубцюватим сегментом і підняв його до замикання контактів реле. Електромагнітній силі  $F_{\Sigma}$  протидіє сила пружини  $F_n$  5. При струмі в реле, рівному 20-30% струму спрацьовування індукційного елемента  $I_{i.c.p}$  під впливом сили  $F_{\Sigma}$ , диск починає обертатися. При цьому в диску наводяться струми "різання", які виникають у взаємодії з магнітним потоком постійного магніту 6 і створюють силу  $F_m$ , що перешкоджає обертанню диска. При струмі в реле  $I_p > I_{i.c.p}$  сума електромагнітних моментів  $M_{\Sigma}$  і  $M_m$ , створюваних відповідно  $F_{\Sigma}$  і  $F_m$ , переборює момент пружини, і рамка переміщається, зчіплюється черв'як 7 з зубцюватим сегментом 8. Збільшення моменту пружини 5 компенсується наростанням додаткової сили  $F'$ , що притягає спеціальну сталеву скобу 11 до електромагніта 1. Сила  $F'$ , що притягає скобу 11, забезпечує також надлишкове зусилля, що надійно зчіплює черв'яка із сегментом.

Після зчеплення черв'яка із сегментом рух рамки припиняється, але диск продовжує обертатися і за допомогою черв'яка 7 піднімає сегмент 8.

Важіль сегмента 8 піднімає коромисло 9, замикаючи при цьому контакти реле 12. Унаслідок зменшення зазору якір 10 притягається до електромагніта 1, забезпечуючи щільне замикання контактів 12. При струмі в реле, меншому струму повернення, момент пружини 5 переборює електромагнітний момент, і рамка повертається в початкове положення, розчіплюючи черв'яка із сегментом. Сегмент падає на упор 20. розмикаючи контакти реле.

Струм спрацьовування регулюється зміною числа витків обмотки реле 19 за допомогою штепселя 14, в якому переставляються в гніздах планки 15. Час дії регулюється зміною початкового положення сегмента 8 гвинтом 13. Особливістю реле є описане зчеплення черв'яка із сегментом, що дає наступні позитивні якості:

а) усуваються недоліки, що обумовлюються розходженням характеристик моментів  $M_{\Sigma}$  і  $M_p$ ;

б) зменшується інерційний вибіг реле, тому що після зникнення струму черв'як швидко розчіплюється із сегментом і обертання диска не може привести до замикання контактів реле;

в) контакти реле замикаються дуже надійно під впливом сили, що притягає якір 10 електромагнітного елемента;

Електромагнітний елемент (відсічка). На якір електромагнітного елемента діють потоки розсіювання електромагніта 1. При струмах, що перевищують струм спрацьовування індукційного елемента в 4-8 разів, коромисло притягається і миттєво замикає контакти реле 12. Тік спрацьовування електромагнітного елемента регулюється гвинтом 16,

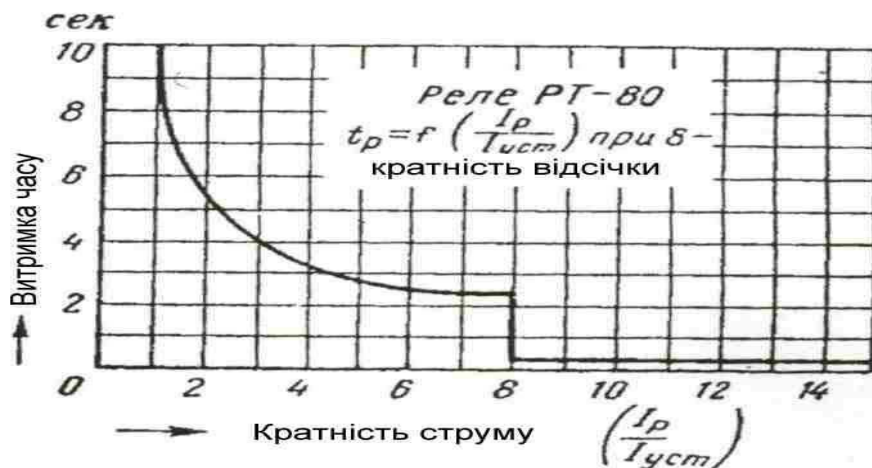


Рисунок 2.4 – Характеристика часу спрацьовування реле РТ-81

### Сучасні реле струму з обмежено залежною характеристикою спрацьовування

Українська фірма РЕЛСіС випускає сучасні електромеханічні реле струму з обмежено залежною характеристикою спрацьовування, що підключаються до трансформаторів струму для захисту елементів електричних мереж та споживачів електричної енергії. У таблиці 2.1

наведені реле струму, що випускаються фірмою РЕЛСіС та реле, замість яких рекомендується їх застосовувати, на рис. 2.6 наведені ці реле [6].

Таблиця 2.1 - Заміна індукційних реле струму на реле фірми РЕЛСіС

| Реле фірми РЕЛСіС           | Реле, що замінюються            |
|-----------------------------|---------------------------------|
| <a href="#"><u>АЛ-5</u></a> | Серія РС 80, серія РТ 80, РТ 90 |

У таблиці 2.2 наведені технічні характеристики реле струму фірми РЕЛСіС (в таблиці введені позначення контактів з - замикаючі)

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики реле струму фірми РЕЛСіС

| Діапазон уставок спрацьовування, А | Напруга живлення, В       | Кількість контактів | Відмінні особливості                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 - 99                             | без оперативного живлення | 2з                  | Двофазні, двоступеневі (СВ + МСЗ) реле максимального струму без оперативного живлення з двома вихідними реле - заміна електромеханічних реле РТ-80, РТ-90, мікроелектронних реле серії РС-80М2, РСТ-82. Струм спрацьовування від 1 до 99 А в одному виконанні з витримкою часу 0,1 ... 99с, можливість підключення для роботи в однофазному і двофазному режимах. |



Рисунок 2.6 – Заміни індукційного реле струму на сучасні реле фірми РЕЛСІС

## **2.4 Зміст звіту**

- 2.4.1 Тема, мета, обладнання.
- 2.4.2 Реле напрямку потужності;
- 2.4.3 Принцип дії реле направлення потужності;
- 2.4.4 Принцип дії реле РТ-80.
- 2.4.5 Реле струму фірми РЕЛСіС

## **2.5 Питання для самоперевірки**

- 2.5.1 На які параметри мережі реагує реле напрямку потужності?
- 2.5.2 Які функції виконують реле напрямку потужності?
- 2.5.3 Скільки обмоток мають реле напрямку потужності?
- 2.5.4 Яким параметром визначається чутливість реле напрямку потужності?
- 2.5.5 Як конструктивно виконані реле напрямку потужності?
- 2.5.6 Що таке "мертва зона" дії реле напрямку потужності?
- 2.5.7 Від чого залежить напрямок розвороту рамки реле напрямку потужності?
- 2.5.8 З яких двох елементів складається реле РТ-80?
- 2.5.9 Яке призначення пружини у реле РТ-80?
- 2.5.10 Як виставляється струм спрацювання індукційного елемента реле РТ-80?
- 2.5.11 Що приводить до обертання диску реле типу РТ-80?
- 2.5.12 Який струм приводить до спрацювання електромагнітного елемента реле РТ-80?
- 2.5.13 Реле струму фірми РЕЛСіС, що випускається взамін індукційних реле

## **3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8**

### **«РЕЛЕ ЧАСУ, ПРОМІЖНЕ РЕНЛЕ, РЕЛЕ СТРУМУ З ТРАНСФОРМАТОРАМИ, ЩО НАСИЧУЮТЬС**

#### **3.1 Мета роботи**

Познайомитися з принципом дії та конструкцією реле часу, реле струму з насичуючими трансформаторами для диференційного захисту.

#### **3.2 Програма роботи**

- 3.2.1 Ознайомитись з інструкцією з виконання роботи.
- 3.2.2 Вивчити теоретичний матеріал з теми роботи
- 3.2.3 Відповісти на контрольні питання.
- 3.2.4 Скласти звіт.

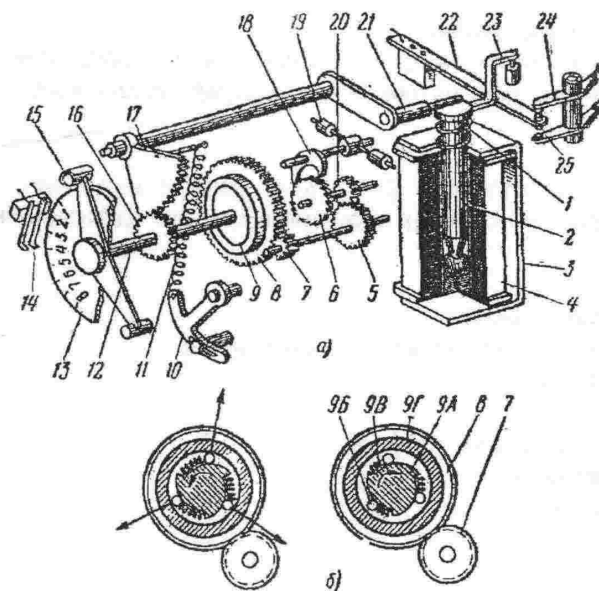
#### **3.3 Короткі відомості**

##### **Реле часу серії ЭВ-100**

Реле часу серії ЭВ-100 застосовуються в схемах релейного захисту і протиаварійної автоматики на оперативному постійному струмі для створення регульованої витримки часу при спрацьовуванні і забезпечення визначеної послідовності роботи елементів схеми. Витримка часу створюється годинними механізмами серії 210ЧГТ, спеціально розробленими для цієї мети. Пристрій реле і годинного механізму схематично показане на рис. 3.1.

Електромагніт реле складається з магнітопроводу 3, обмотки 4 і циліндричного якорю, що втягується, 2. Для одержання оптимальної тягової характеристики нижній кінець якоря має конічну форму і при утягуванні входить у конічне поглиблення на сердечнику, який знаходиться усередині обмотки. Для виключення залипання якоря в притягнутому положенні на його нижньому кінці мається бронзова шайба. На верхньому кінці якоря укріплений важіль 23 із

пластмасовим штовхальником, що впливає на миттєві контакти 22, 24 і 25 без витримки часу. При відсутності збудження якір під дією по



а - пристрій годинного механізму і реле часу  
в – пристрій фрикційної муфти

Рисунок 3.1 – Пристрій годинного механізму і реле часу ЭВ-100 та ЭВ-200

поворотної пружини 1 піднімає нагору до упору заводний важіль 21 годинного механізму, розтягує робочу пружину механізму 11, зубцюватий сектор 17 повертає шестірню 16 на вихідному валу 12 і встановлює рухливі контакти 15, що замикаються з витримкою часу,

у початкове положення. Натяг робочої пружини може регулюватися за допомогою вузла 10.

При подачі живлення на обмотку електромагніта якір утягується, пускає в хід миттєві контакти і звільняє важіль 21 годинного механізму. Під дією робочої пружини вихідний вал механізму разом з рухливими контактами 15 починає повертатися. У момент початку руху вихідного вала включається фрикційна муфта 9 розташована усередині шестірні 8, і пускає в хід анкерний пристрій, що сповільнює.

Пристрій фрикційної муфти показано рис. 3.1в. Між обоймою муфти 9Г та укріпленої на вихідному валу зірочкою 9А знаходяться кульки 9Б. При обертанні вала проти годинної стрілки (спрацьовування реле) утримувані пружинками 9В кульки заклинюються в пазах між зірочкою й обоймою, шестірня 8 виявляється зчепленої з ведучим валом. При поверненні реле заклинення кульок не відбувається.

Шестірні 8, 7, 5 і 20 передають зусилля робочої пружини на анкерне колесо 6, зчеплене з анкером 18 і балансиrom 19. Під впливом анкерного колеса анкер починає коливатися. При кожному коливанні анкера анкерне колесо повертається на один зуб; період коливання анкера регулюється положенням вантажику на балансірі.

Обертання вихідного вала відбувається доти, поки місток рухливого контакту 15 не замкне кінцеві нерухомі контакти 14 і не торкнеться упора, що мається на пластмасовій колодці кінцевих контактів.

Крім кінцевого контакту реле можуть мати контакт, який прослизає, і при цьому короткочасно замикається з заданою витримкою часу.

Зміна уставок часу спрацьовування проводиться переміщенням нерухомих кінцевих і контактів, що прослизують, по шкалі 13.

Реле має сильну поворотну пружину, розраховану на завод годинного механізму, тому обмотка електромагніта споживає значну потужність і може підключатися до джерела напруги лише на нетривалий час. Для полегшення режиму роботи керуючих контактів у реле на номінальну напругу 110 і 220 В паралельно обмоткам електромагнітів підключений контур, що гасить іскри з послідовно з'єднаними резистором і конденсатором. У тих випадках, коли

потрібно тривале перебування обмотки реле під напругою, після втягування якоря послідовно з обмоткою вводиться додатковий резистор, для чого використовується контакт миттєвої дії.

Таблиця 3.1 - Характеристики реле часу серії ЭВ-100

| Реле   | Годин-<br>ковий<br>механізм | Діапазон<br>установок,<br>с | Контакти                         |               | Термічна<br>стійкість<br>при<br>$1,1U_{ном}$ |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|----------------------------------------------|
|        |                             |                             | З вит-<br>римкою<br>часу         | Миттє-<br>вий |                                              |
| ЭВ-112 | 214ЧП                       | 0,1-1,3                     | Кінцевий<br>та, що<br>просли-зає | Перемикаючий  | Не більш 2<br>хвилин                         |
| ЭВ-122 | 213ЧП                       | 0,25-3,5                    |                                  |               |                                              |
| ЭВ-132 | 212ЧП                       | 0,5-9,0                     |                                  |               |                                              |
| ЭВ-142 | 218ЧП                       | 1,0-20                      |                                  |               |                                              |
| ЭВ-113 | 214ЧП                       | 0,1-1,3                     | Кінцевий                         | Замикаючий    | Довготривала                                 |
| ЭВ-123 | 213ЧП                       | 0,25-3,5                    |                                  |               |                                              |
| ЭВ-133 | 212ЧП                       | 0,5-9,0                     |                                  |               |                                              |
| ЭВ-143 | 218ЧП                       | 1,0-20                      |                                  |               |                                              |
| ЭВ-114 | 214ЧП                       | 0,1-1,3                     | Кінцевий                         | Перемикаючий  | Не більш 2<br>хвилин                         |
| ЭВ-124 | 213ЧП                       | 0,25-3,5                    |                                  |               |                                              |
| ЭВ-132 | 212ЧП                       | 0,5-9,0                     |                                  |               |                                              |
| ЭВ-144 | 218ЧП                       | 1,0-20                      |                                  |               |                                              |

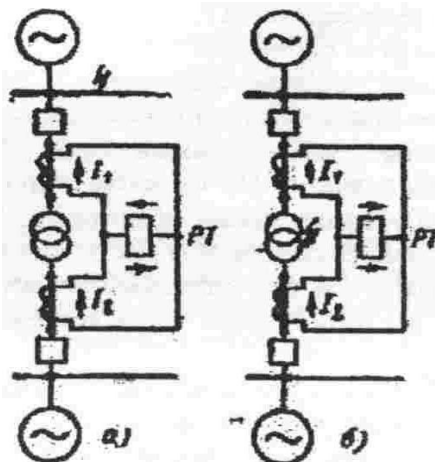
Реле серії ЭВ-100 випускаються 12 різних виконань, що відрізняються діапазоном регулювання витримки часу, тривалості чи короткочасною термічною стійкістю, а також наявністю чи відсутністю контакту, що прослизає. Коротка характеристика кожного виконання приведена в табл. 3.1.

### **Реле струму з трансформаторами, що насичуються**

Основним захистом генераторів, силових трансформаторів (автотрансформаторів) і збірних шин є диференційний струмовий захист, який виконано за схемою з циркулюючими струмами. При цьому вторинні обмотки трансформаторів струму, установлених по кінцях об'єкта, що захищається, з'єднуються так, щоб у нормальному

режимі і при зовнішніх к. з. (рис. 3.4, а) в реле була різниця струмів-  
 $I_p = I_1 - I_2 = I_{нб}$ , тобто струм небалансу (близький до нуля).

Тоді при к. з. у зоні, що захищається, (рис.3.4, б) струм у реле  
 буде дорівнювати сумі вторинних струмів трансформаторів струму  
 $I_p = I_1 + I_2$  і реле спрацює.



а - зовнішнє КЗ  
 б - КЗ у зоні дії захисту

Рисунок 3.4 – Принцип дії диференціального струмового захисту

Так як вторинні струми трансформаторів струму  $I_1$  і  $I_2$  у нормальному режимі не рівні між собою, то для компенсації цього струму в реле повинне містити елемент, що вирівнює магніторушійні сили (м.р.с.) від цих струмів. Таким елементом є спеціальний проміжний трансформатор струму, у вторинний ланцюг якого включається виконавчий орган (реле струму РТ-40). При цьому нерівність струмів пліч  $I_1$  і  $I_2$  компенсується за допомогою відводів від первинних обмоток цього трансформатора струму, за допомогою яких змінюється кількість витків обмоток.

При наявності в реле проміжного трансформатора струму ця вимога також забезпечується за допомогою відводів первинних обмоток цього трансформатора. Крім зведення до мінімуму струму небалансу в сталому режимі (нормальному чи при зовнішньому КЗ) реле повинне бути відстроєне від струму небалансу в перехідних режимах, а саме від аперіодичної складової. Аперіодична складова в диференціальному ланцюзі з'являється або в результаті розходження струмів намагнічування трансформаторів струму захисту при зовнішніх к. з., або від кидка струму намагнічування силових трансформаторів (автотрансформаторів) при включенні їх під напругу. Ці кидки намагнічуючого струму, що перевищують у кілька разів номінальне значення струму, сприймаються захистом як КЗ у трансформаторі. Тому в реле проміжний трансформатор струму виконується таким, що швидко насичується, ка це дозволяє автоматично загрубляти реле при наявності в струмі аперіодичної складової. Аперіодична складова насичує сердечник цього проміжного трансформатора струму, (НТТ) і зменшує трансформацію перемінного струму у вторинний ланцюг, де установлений виконавчий орган. У результаті не спрацьовує виконавчий орган.

Таким чином, застосування в реле НТТ спрямовано на забезпечення специфічних вимог, пропонованих до реле струму для диференціальних захистів. За допомогою його компенсується нерівність струмів пліч захисту в сталому режимі, у широких межах регулюється струм спрацьовування реле і здійснюється відстройка від аперіодичної складової струму.

Максимальне значення індукції сердечника НТТ в умовах спрацьовування  $V_{\text{ср}}$  без аперіодичної складової вхідного струму є визначаючим параметром реле. З погляду відбудування від аперіодичної складової цю індукцію бажано мати більшою, щоб насичення НТТ відбувалося при меншому струмі. Але тоді при к.з. у зоні, що захищається, при великій кратності вхідного струму реле кратність струму у виконавчому органі стосовно струму спрацьовування буде мала, що знижує і надійність спрацьовування реле. Відношення струму у виконавчому органі до струму його

спрацювання при кратності вхідного струму реле, рівної 2 та більше 5, є важливим параметром реле, що прийнято називати коефіцієнтом надійності

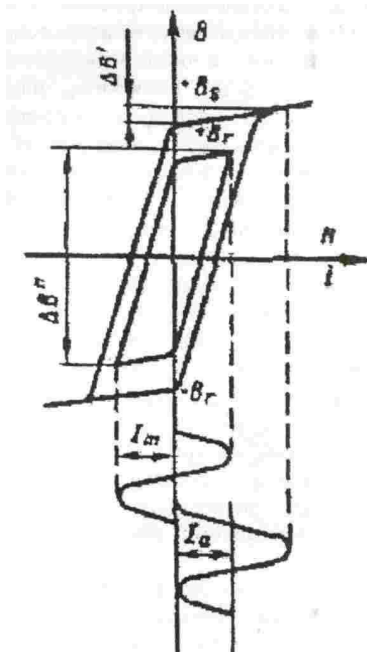


Рисунок 3.5 – Індукція у магнітопроводі трансформатора, що насичується, при наявності та відсутності аперіодичної складової

Точні розрахункові співвідношення елементів реле з НТТ і аперіодичної складової вхідного струму складні. Тому обмежимося наближеним аналізом, вважаючи, що виконавчий орган реагує на середнє значення напруги за період, яке пропорційно арифметичній сумі зміни індукції сердечника НТТ за кожний з перших двох напівперіодів

$$E_2 = \frac{1}{\omega} \omega_2 S (|DB_1| + |DB_2|) \quad (3.1)$$

На рис.3.5 показана зміна індукції  $\Delta B''$  за кожен напівперіод при синусоїдальному струмі з амплітудою  $I_m$  без аперіодичної складової і  $\Delta B'$  при наявності аперіодичної складової  $I_a = I_m$ . Очевидно, що аперіодична складова різко зменшує значення зміни індукції сердечника НТТ, а отже, і э.д.с.  $E_2$ . У результаті відбувається загрублення реле при наявності аперіодичної складової струму. При аперіодичній складовій  $I_a = I_m$  найбільша вторинна э.д.с. НТТ може виникнути в несприятливому випадку в перший півперіод, якщо залишкова індукція НТТ ( $-B_r$ ) мала, протилежний знак (у порівнянні з індукцією насичення від аперіодичної складової вхідного струму). У цьому випадку в перший півперіод індукція змінюється від  $B_r$  до  $B_s$  і зміна індукції  $\Delta B_1 = B_r + B_s$ , а в другий півперіод індукція змінюється від  $+B_s$  до  $+B_r$  і зміна індукції  $\Delta B_2 = B_s - B_r$ . Підставляючи  $\Delta B_1$  і  $\Delta B_2$  у (3.1), одержуємо середнє значення э.д.с. за період

$$E_{2\text{нач}} = 2/T * \omega_2 * S * B_s \quad (3.2)$$

При відсутності аперіодичної складової в умовах спрацьовування зміна індукції за кожен напівперіод  $\Delta B_1 = \Delta B_2 = 2\Delta B_{1\text{спр}}$ . Підставляючи його в (3.1), одержуємо:

$$E_{2\text{спр}} = 4/T * \omega_2 * S * B_{\text{спр}} \quad (3.3)$$

Для того щоб реле не спрацьовувало при наявності аперіодичної складової струму, необхідно, щоб  $E_{2\text{нач}}$  було менше  $E_{2\text{спр}}$ , тобто з обліком (3.2) і (3.3) повинна виконуватися нерівність  $B_{\text{спр}} > 0,5 B_s$ . Приймавши для сталі Э-330  $B_s = 2T$ , одержимо, що для надійної відстройки від аперіодичної складової максимальне значення індукції НТТ в умовах спрацьовування без аперіодичної складової  $B_{\text{спр}}$  повинно бути не менш 1 Т. У реле що випускаються, ця індукція дорівнює 1,35 Т. При цьому коефіцієнт надійності при двократному вхідному струмі більше 1,2, а при п'ятикратному струмі - більше 1,35.

Дослідження показали, що відстройка від аперіодичної складової залежить також від кута опору виконавчого органа

(оптимальне значення  $55-65^\circ$ ). Тому якщо в реле РТ-40 нормального виконання при повному заповненні вікна обмотки кут дорівнює приблизно  $77^\circ$ , то у виконавчого органа цих реле обмотки заповнені не цілком, тим самим знижений кут опору до бажаного значення.

### Реле з магнітним гальмуванням серії ДЗТ.

У ряді випадків струм небалансу при зовнішніх КЗ може досягати великих значень, викликаючи спрацювання реле. Це може бути при неповному вирівнюванні через неможливість установки на реле розрахункового числа витків, різної струмової похибки трансформаторів струму різних пліч захисту чи при регулюванні напруги силового трансформатора під навантаженням зміною його

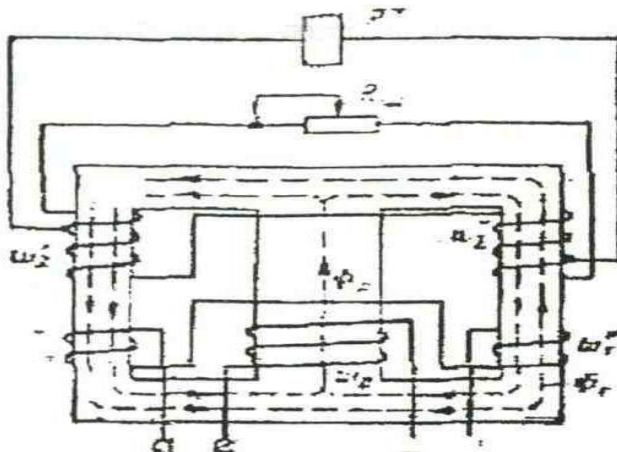


Рисунок 3.6 – Спрощена схема реле типу ДЗТ-11

коефіцієнта трансформації, що приводе до розбалансування захисту. Для виключення помилкової роботи захисту в цих випадках застосовують реле серії ДЗТ, що завдяки гальмовим обмоткам автоматично загубляються струмами зовнішніх КЗ. Ці реле включаються так, щоб при зовнішніх КЗ по обмоткам гальмування проходив пропорційний струм КЗ. У реле ДЗТ від аперіодичної

складової вхідного струму здійснюється тільки завдяки насиченню трансформатору НТС. Спрощена схема реле ДЗТ показана на рис.3.6. Первинні обмотки (робочі і зрівняльні)  $\omega_p$  розташовані на середньому стрижні. Вторинна обмотка складається з двох однакових секцій  $\omega'_{p2}$  і  $\omega''_{p2}$ , що розташовані на крайніх стрижнях. Реле струму РТ підключено до частини витків вторинної обмотки, а резистор  $R_{ш}$  для плавного підрегулювання струму спрацьовування підключений до повного числа витків цієї обмотки. Гальмова обмотка також складається з двох однакових секцій  $\omega'_t$  і  $\omega''_t$  розташованих на крайніх стрижнях. На регулювальній колодці реле вибите число витків відводів однієї секції гальмової обмотки, що при визначенні всіх характеристик реле умовно вважається числом витків усієї гальмової обмотки. Це прийнято для зручності вибору числа витків робочої (зрівняльної) і гальмової обмоток при експлуатації реле, тому що перетин крайніх стрижнів трансформатору НТС у 2 рази менше середнього і при приведенні гальмової обмотки до середнього стрижня, на якому розташована обмотка  $\omega$ , число витків гальмової обмотки виявляється рівним числу витків її однієї секції  $\omega'_t$  і  $\omega''_t$ .

Гальмовий струм  $I_t$  створює в трансформаторі НТТ гальмовий потік  $\Phi_t$ , що замикається тільки по крайніх стрижнях. Магнітні потоки від секцій гальмових обмоток  $\omega'_t$  і  $\omega''_t$  у середньому стрижні взаємно компенсуються і магнітний зв'язок між обмотками  $\omega'_t$  і  $\omega''_p$  відсутній. Гальмовий потік  $\Phi_t$  наводить у секціях вторинної обмотки  $\omega'_2$  і  $\omega''_2$  однакові по абсолютним значенням, але протилежні по фазі е.д.с. В результаті сумарна е.д.с. на вторинній обмотці дорівнює нулю і струм у реле РС від гальмового струму відсутній. Призначення гальмової обмотки полягає в насиченні і збільшенні магнітного опору крайніх стержнів магнітопроводу НТС.

Робочий струм  $I_p$  створює в середньому стрижні робочий потік  $\Phi_p$ , що замикається по крайніх стрижнях магнітопроводу. Пропорційно цьому потоку в секціях вторинної обмотки  $\omega'_2$  і  $\omega''_2$  наводяться однакові по абсолютним значенням і співпадаючі по фазі е.д.с., а їх сумарна е.д.с. викликає струм у реле РТ. Значення робочого

поток в крайніх стрижнях визначається значеннями м.д.с. робочої обмотки і магнітного опору сердечника  $\Phi_p = F_p / R_m$ .

Потік  $\Phi_T$ , що створюється струмом, що гальмує, збільшує магнітний опір крайніх стрижнів магнітопроводу, тим самим зменшуючи значення робочого потоку при даній м.д.с. робочої обмотки. Цим досягається автоматичне загробування реле при зовнішніх к.з. Це загробування оцінюється коефіцієнтом гальмування.

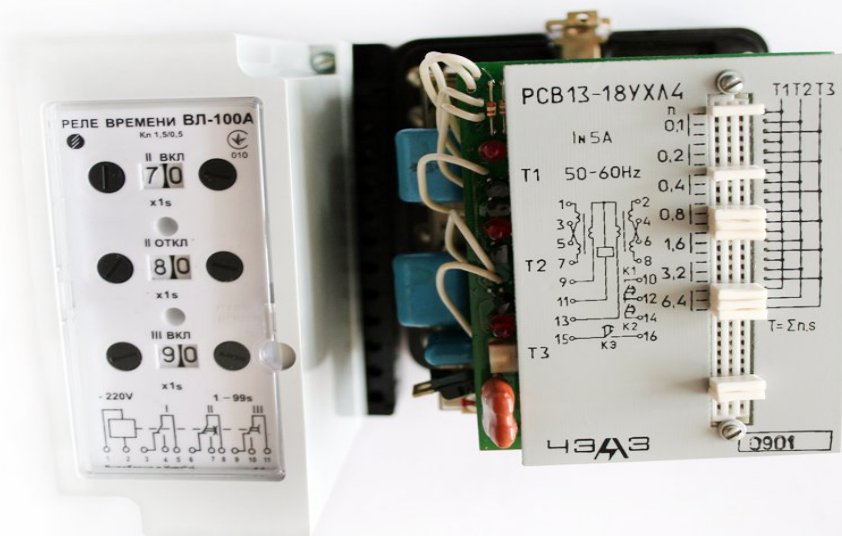
Коефіцієнт гальмування залежить від гальмового струму. При великому гальмовому струмі ( $I_{cp} > I_{cp0}$ ) коефіцієнт гальмування  $k_T = I_{cp}/I_T$ . Коефіцієнт гальмування задається при визначеній м.д.с. гальмової обмотки по гальмовій характеристиці  $F_{cp} = f(F_T)$ . Змінюючи співвідношення між витками гальмової і робочої обмотки, можна змінювати  $k_T$ .

Гальмова характеристика визначається для різних кутів між гальмовим і робочим струмами, тому що цей кут залежить від видів струмів небалансу і може бути будь-яким. При неповному вирівнюванні струмів пліч захисту струм небалансу, що є робочим струмом, збігається по фазі зі струмом зовнішнього к.з., що є гальмовим струмом. Струм небалансу через розходження струмів намагнічування трансформаторів струму зрушений стосовно струму зовнішнього к.з. на кут, близький до  $90^\circ$ . Тому гальмові характеристики задаються двома кривими. Нижня крива визначає зону обов'язкового гальмування, верхня - зону обов'язкового спрацьовування, а між ними реле може спрацювати чи не спрацювати в залежності від кута між гальмовим і робочим струмом. Зона спрацьовування чи неспрацьовування в залежності від кута між гальмовим і робочим струмами мінімальна при індукції сердечника в умовах спрацьовування, рівної приблизно 1,4 Т. У реле ДЗТ ця індукція, обрана за умови надійної роботи при к.з. у зоні і відбудовування від аперіодичної складової при зовнішніх к. з. і складає 1,35 Т.

Коефіцієнт надійності реле і час спрацьовування залежать від коефіцієнта гальмування. Ця хороша робота реле ДЗТ гарантується при коефіцієнті гальмування, рівному 0,35.

реле ч  
табли  
реле, :  
навед

фірми  
р - ро



Таблиця 3.2 - Заміна електромеханічних реле часу на реле фірми РЕЛСіС

| Реле<br>фірми<br>РЕЛСІС | Реле, що замінюються                                                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ВЛ-81М</b>           | ВЛ-81, ВЛ-82, РСВ 17, РСВ 01-3, ВЛ-56, ВС-10-3, ВС-43-3, ВС-43-6 (два ВЛ-81)                        |
| <b>ВЛ-83</b>            | 2РВМ, 3 реле РСВ 15-3, 3 реле РСВ 01-5                                                              |
| <b>ВЛ-100А</b>          | РВ 112, РВ 128, РВ 132, РВ 142, РВ 218, РВ 228, РВ 238, РВ 248, РСВ 18-13, РСВ 14, РСВ 160, РСВ 260 |
| <b>ВЛ-101А</b>          | РВ 215, РВ 225, РВ 235, РВ 245, РСВ 255, РСВ 18-23                                                  |
| <b>ВЛ-103А</b>          | РВ 03+РН 54                                                                                         |
| <b>ВЛ-104, ВЛ-104А</b>  | РВМ-12, РВМ-13, РСВ 13                                                                              |

|                  |                                                                                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>БЛ-108</b>    | РПВ 01, 2РВМ                                                                                                          |
| <b>БЛ-159М-4</b> | БЛ-59                                                                                                                 |
| <b>БЛ-161</b>    | БЛ-54                                                                                                                 |
| БЛ-173           | РВ 113, РВ 114, РВ 123, РВ 124, РВ 127, РВ 133, РВ 134, РВ 143, РВ 144, РВ 217, РВ 227, РВ 237, РВ 247, БЛ-102, ВС-33 |
| БЛ-176           | РВ 01, БЛ-64, БЛ-66, БЛ-68, БЛ-69                                                                                     |
| БЛ-177           | БЛ-67                                                                                                                 |
| БЛ-178           | БЛ-65                                                                                                                 |
| БЛ-179           | РВ 03, БЛ-55                                                                                                          |

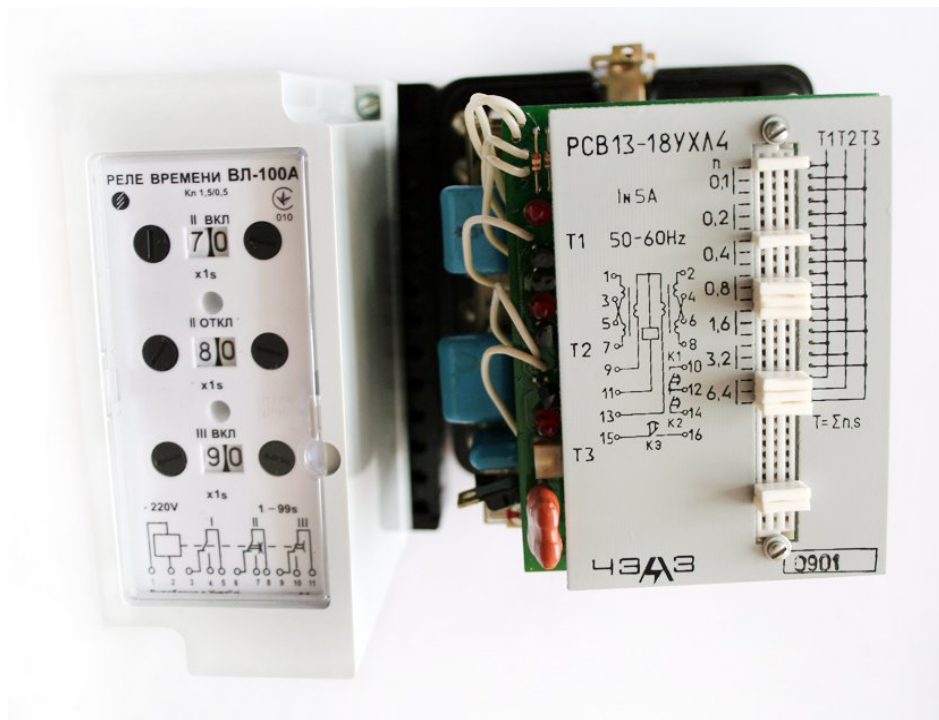


Рисунок 3.7 – Заміни електромеханічних реле часу на сучасні реле типу ВЛ-100А фірми РЕЛСІС

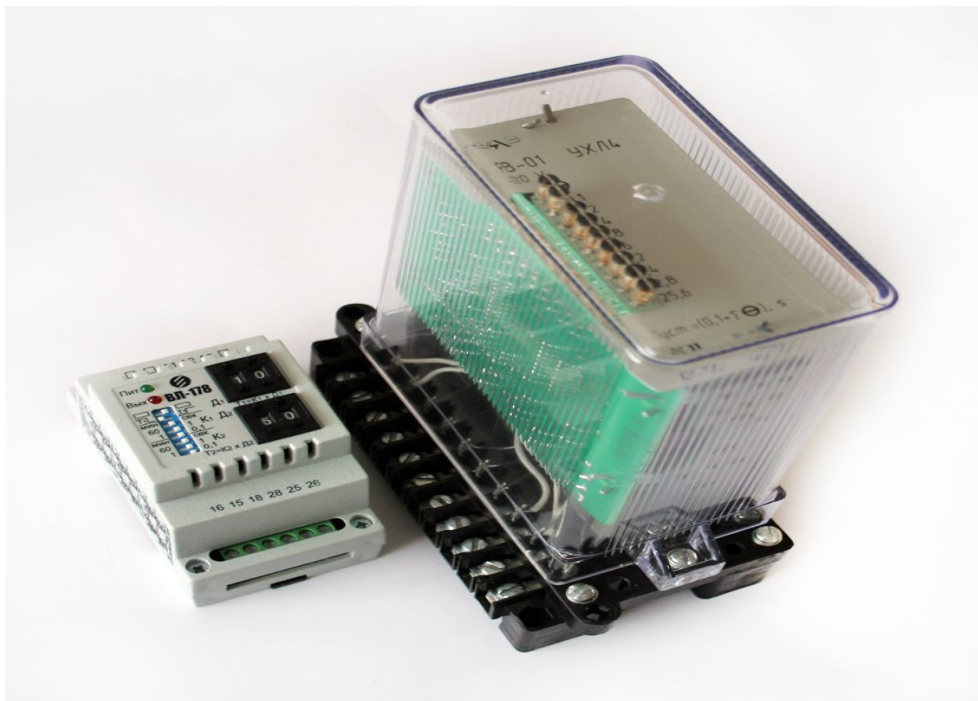


Рисунок 3.8 – Заміни електромеханічних реле часу на сучасні реле типу ВЛ-178 фірми РЕЛСІС

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики реле часу фірми РЕЛСІС

| Реле<br>РЕЛСІС | Відмінні особливості | Діапазон<br>установок | Напруга<br>живлення, В | Кількість<br>Контактів |
|----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
|----------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|

|                                                                  |                                                                                                                                                                             |                                                         |                                      |                          |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| <a href="#"><u>ВЛ-100А</u></a><br><a href="#"><u>ВЛ-101А</u></a> | Трипровідне з миттєвим, прослизаючим і кінцевим контактами, з витримками після подачі (ВЛ-100А) і зняття (ВЛ-101А) Ужив.                                                    | <u>0,05 - 99</u><br>с<br><u>0,05 –</u><br><u>19,8 с</u> | DC 24, 110, 220<br>AC 100, 220, 380  | 1 п.<br>миттєв. +<br>2 п |
| <a href="#"><u>ВЛ-103А</u></a>                                   | 2 реле в одному - РН-54 і РВ-03. Витримка часу на повернення після відключення напруги живлення або його зниження нижче певної величини.                                    | 0,12 - 20<br>с                                          | DC 110, 220<br>AC 100, 110, 220, 380 | 1 п<br>миттєв. +<br>1    |
| <a href="#"><u>ВЛ-104</u></a><br><a href="#"><u>ВЛ-104А</u></a>  | Трипровідне струмове реле часу з блоком живлення від кола струму з двома прослизаючими і кінцевими контактами. Вмикається безпосередньо у вторинний ланцюг вимірювальних ТС | 0,1 - 9,9<br>с                                          | I=2-10 А                             | 2 п + 1 з                |
| <a href="#"><u>ВЛ-108</u></a>                                    | Реле одноразового повторного включення.                                                                                                                                     | 0,5 - 50 с                                              | AC/DC 100, 110, 220                  | 2 з                      |

### Сучасні проміжні реле

Українська фірма РЕЛСіС випускає сучасні електромеханічні проміжні реле, що підключаються у оперативні схеми релейного захисту. У таблиці 3.4 наведені проміжні реле, що випускаються

фірмою РЕЛСіС та реле, замість яких рекомендується їх застосовувати, а на рис. 3.10, 3.11 наведені таких реле [8].

Таблиця 3.4 - Заміна проміжних реле на реле фірми РЕЛСіС

| Реле фірми РЕЛСіС                   | Реле, що замінюються                                                                                          |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u><a href="#">ПЕ40, ПЕ40-М</a></u> | РП 23, РП 25, РП 16-1, РП 16-5, РП 16-6, РП 16-7, РП 16-1М, РП 16-7М, РЭП 36-21, РЭП 36                       |
| <u><a href="#">ПЕ41, ПЕ41-М</a></u> | РП 17-1, РП 17-4, РП 17-5, РП 221, РП 222, РП 225, РЭП 37-13                                                  |
| <u><a href="#">ПЕ42, ПЕ42-М</a></u> | РП 16-2, РП 16-3, РП 16-4, РП 255, РП 232, РЭП 36-12, РЭП 36-13                                               |
| <u><a href="#">ПЕ43, ПЕ43-М</a></u> | РП 17-2, РП 17-3                                                                                              |
| <u><a href="#">ПЕ44, ПЕ44-М</a></u> | РП 18-1, РП 18-2, РП 18-3, РП 251, РП 253, РЭП 96, РЭП 37-111, РЭП 37-112, РЭП 37-113                         |
| <u><a href="#">ПЕ45, ПЕ45А</a></u>  | РП 254, РП 256, РП 18-4, РП 18-5, РП 18-6, РП 18-7, РП 18-8, РП 18-9, РП 18-0, РП 18М, РЭП 37-121, РЭП 37-221 |
| <u><a href="#">ПЕ45Н</a></u>        | РП 252, РП 18-4, РП 18-5, РП 18-6, РП 18-9                                                                    |
| <u><a href="#">ПЕ46, ПЭ46А</a></u>  | РП 11, РП 12, РП 11М, РП 12М, РЭП 38Д                                                                         |
| <u><a href="#">РЕП-20</a></u>       | РПТ 100, РП 20, ПЭ6, ПЭ-36, ПЭ-37                                                                             |

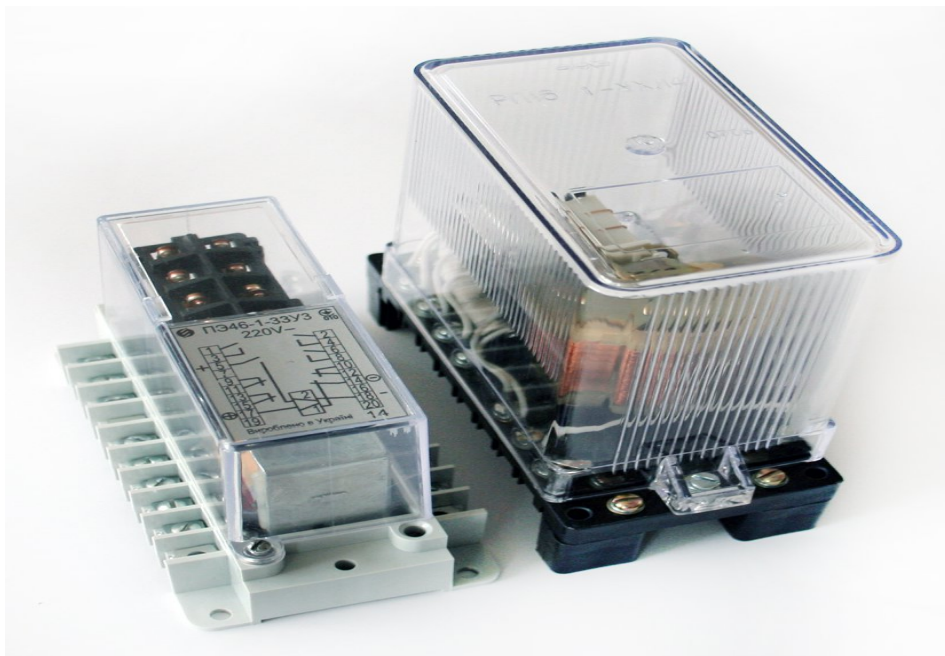


Рисунок 3.10 – Заміни проміжних реле на сучасні реле типу ПЕ-46 фірми РЕЛСІС



Рисунок 3.11 – Заміни проміжних реле на сучасні реле ПЕ-45-20 фірми РЕЛСІС

У таблиці 3.5 приведені технічні характеристики проміжних реле фірми РЕЛСІС (в таблиці введені позначення контактів з - замикаючі, р - розмикаючі, п - перемикаючі)

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики проміжних реле фірми РЕЛСіС

| Реле<br>фірми<br>РЕЛСіС                                                                 | Час<br>спрацьов.     | Номінальна<br>напруга, В                                                                 | Кількість<br>контактів                                  | Відмінні<br>особливості                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="#"><u>ПЕ40</u></a><br><a href="#"><u>ПЕ40-</u></a><br><a href="#"><u>М</u></a> | не більше<br>0,03 с  | DC=24; 48;<br>110; 220<br>AC~12; 24;<br>36; 100; 110;<br>127; 220<br>(230); 380<br>(400) | 4з+4р;<br>2з+2р;<br>4з+2р;<br>2з+4р;<br>8з+0р;<br>6з+2р | Нормально діючі<br>реле постійного та<br>змінного струму з<br>часом увімкнення<br>не більше 0,03 с                                                                     |
| <a href="#"><u>ПЕ41</u></a><br><a href="#"><u>ПЕ41-</u></a><br><a href="#"><u>М</u></a> | не більше<br>0,011 с | DC=24; 48;<br>110; 220<br>AC~12; 24;<br>36; 100; 110;<br>127; 220<br>(230); 380<br>(400) | 2з+3р;<br>4з+1р                                         | Швидкодіючі пром<br>іжні реле<br>постійного і<br>змінного струму з<br>часом увімкнення<br>не більше 0,011                                                              |
| <a href="#"><u>ПЕ42</u></a><br><a href="#"><u>ПЕ42-</u></a><br><a href="#"><u>М</u></a> | не більше<br>0,03 с  | DC=24; 48;<br>110; 220                                                                   | 6з+2р;<br>4з+2р;<br>3з+2р                               | Нормально діючі<br>неуповільнені про<br>міжні реле<br>постійного струму<br>з утримуючими<br>обмотками струму<br>або напруги та<br>часом увімкнення<br>не більше 0,03 с |

Продовження таблиці 3.5

| Реле<br>фірми<br>РЕЛСі<br>С                                                             | Час<br>спрацьов<br>.        | Номинальн<br>а напруга,<br>В                                                             | Кількість<br>контакті<br>в          | Відмінні особливості                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="#"><u>РЕ43</u></a><br><a href="#"><u>РЕ43-</u></a><br><a href="#"><u>М</u></a> | не<br>більше<br>0,011 с     | DC=24; 48;<br>110; 220                                                                   | 2з+1р;<br>1з+1р                     | Швидкодіючі проміжні реле постійного струму зі стримуючими обмотками струму або напруги та часом увімкнення не більше 0,011 с                                       |
| <a href="#"><u>РЕ44</u></a><br><a href="#"><u>РЕ44-</u></a><br><a href="#"><u>М</u></a> | 0,05-0,25<br>с              | DC=24; 48;<br>110; 220<br>AC~12; 24;<br>36; 100;<br>110; 127;<br>220 (230);<br>380 (400) | 5з+0р;<br>1з+4р;<br>1з+2р;<br>2з+0р | Уповільнені (з затримкою часу при ввімкненні) від 0,05 до 0,25 с, постійного та змінного струму, зі стримуючими обмотками струму                                    |
| <a href="#"><u>РЕ45</u></a>                                                             | 0,08-0,5<br>с;<br>0,4-2,5 с | DC=110;<br>220<br>AC~100;<br>220                                                         | 4з+1р;<br>2з+3р;<br>2з+2р           | Уповільнені (з затримкою часу при ввімкненні) від 0,05 до 0,5 і від 0,4 до 2,5с, час увімкнення не більше 0,05с, постійного та змінного струму з двостабільним реле |
| <a href="#"><u>РЕ45Н</u></a>                                                            | 0,3-1 с;                    | DC=110;<br>220<br>AC~100;<br>220                                                         | 4з+1р;<br>2з+3р;<br>3з+2р;<br>5з+0р | Уповільнені при вимкненні від 0,3 до 1,0 с, час увімкнення не більше 0,05с, постійного та змінного струму з нейтральним реле                                        |

Продовження таблиці 3.5

| Реле<br>фірми<br>РЕЛСіС                                      | Час<br>спрацьовув.                                            | Номинальна<br>напруга, В                                                                                                                                                                    | Кількість<br>контактів                                                      | Відмінні особливості                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="#"><u>ПЕ45А</u></a>                                 | регульована<br>уставка<br>від 0,05 до<br>3 с,<br>через 0,05 с | DC=100;<br>110; 220<br>AC~100;<br>110; 220                                                                                                                                                  | 4 п                                                                         | З регульованою<br>уставкою від 0,05 до<br>3 с, через 0,05 с,<br>в модульному<br>корпусі постійного та<br>змінного струму |
| <a href="#"><u>ПЕ46</u></a><br><a href="#"><u>ПЕ46-1</u></a> | не більше<br>0,06 с                                           | DC=24; 48;<br>110; 220<br>AC~12; 24;<br>36; 100;<br>110; 127;<br>220 (230);<br>380 (400)                                                                                                    | 1з+3р;<br>3з+1р;<br>3з+3р;<br>5з+1р;<br>2з+4р;<br>4з+2р;<br>4з+4р;<br>6з+2р | Двопозиційні, постій<br>ного та змінного<br>струму, час<br>увімкнення не більше<br>0,03 с                                |
| <a href="#"><u>ПЕ46А</u></a>                                 | не більше<br>0,06 с                                           | =/~ 100,<br>110<br>=/~ 220                                                                                                                                                                  | 1п+1з                                                                       | Двопозиційні в<br>модульному корпусі                                                                                     |
| <a href="#"><u>РЕП-20</u></a>                                | не більше<br>0,03 с                                           | DC=12; 15;<br>24; 27;<br>48; 60; 110;<br>220<br>AC 50<br>Гц: ~12;<br>24; 40; 110;<br>127; 220;<br>230; 240;<br>380; 400;<br>415 AC 60<br>Гц: ~12;<br>24; 40; 110;<br>220; 240;<br>380; 440. | 4з+4р;<br>2з+2р;<br>4з+2р;<br>2з+4р;<br>8з+0р;<br>6з+2р                     | Термостійкі, 8-ми<br>контактні, з великою<br>кількістю<br>виконань по<br>номинальній напрузі                             |

### **3.4 Зміст звіту**

- 3.4.1 Тема.
- 3.4.2 Мета
- 3.4.3 Принцип дії реле часу.
- 3.4.4 Технічні характеристики реле часу фірми РЕЛСіС
- 3.4.5 Технічні характеристики проміжних реле фірми РЕЛСіС
- 3.4.6 Принцип дії диференційного струмового захисту;
- 3.4.7 Реле ДЗТ;
- 3.4.8 Принцип дії реле ДЗТ.

### **3.5 Питання для самоперевірки**

- 3.5.1 Принцип дії реле часу ЕВ-100.
- 3.5.2 Конструкція реле часу ЕВ-100.
- 3.5.3 Яке призначення ланцюга R-C в схемі реле часу?
- 3.5.4 Які типи контактів є в реле часу?
- 3.5.5 Технічні характеристики реле часу фірми РЕЛСіС
- 3.5.6 Технічні характеристики проміжних реле фірми РЕЛСіС
- 3.5.7 Чому реле у диференційному захисті спрацьовує тільки при к.з. в зоні дії захисту?
- 3.5.8 Чому виникають струми небалансу в диференційному захисті?
- 3.5.9 Призначення трансформаторів, що насичуються?
- 3.5.10 Принцип дії реле ДЗТ?

### Перелік джерел посилань

1. Правила улаштування електроустановок: Глава 3.2. Релейний захист. Київ : Мінпаливенерго України НПЦР, 2017, С. 384-427.
2. Яндульський О.С., Дмитренко О.О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2016, 103 с. URL. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/9fe8b977-13b6-4c3a-82bf-dcad5db59a34/content>
3. Кідиба В. П Релейний захист електроенергетичних систем: навч. посіб. Львів : Львівської політехніки, 2015. 504 с.
4. Махлін П.В., Костенко С.Ю., Кузьменко О.П. Інтелектуальні пристрої релейного захисту та автоматики : навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020, 256 с.
5. Махлін П.В., Шрам О.А., Іваненко Є.П. Конструкції та принципи дії реле на різних елементних базах : навч. посіб. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020, 112 с.
6. Реле струму серії АЛ | РЕЛСІС. URL. <https://reلسis.ua/ua/products/solid-state-relays/current-relays>.
7. Реле напруги серії НЛ | РЕЛСІС.. URL. <https://reلسis.ua/ua/products/solid-state-relays/1-phase-voltage-relays>
8. Реле проміжні серії ПЕ, РЕП | РЕЛСІС. URL <https://reلسis.ua/ua/products/solid-state-relays/industrial-relay>
9. Реле часу серії ВЛ, ПВІ. URL, <https://reلسis.ua/ua/products/solid-state-relays/time-relays/content/kontakty>.