

УДК 656.256:621.318.5

Асп. О.Я. Куриленко (ДНУЗТ)

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ВІДПУСКАННЯ АВАРІЙНИХ РЕЛЕ ПРИ РІЗНИХ РІВНЯХ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ

Представив д-р техн. наук, професор М.М. Бабасєв

Вступ. В умовах росту споживання електричної енергії та збільшення споживачів, які генерують реактивну потужність (потужні частотно-керовані приводи та ін.) особливу увагу слід приділяти якості напруги живлення пристроїв залізничної автоматики. При нестабільній нарузі живлення можуть виникнути ситуації, які призведуть до відмови залізничної автоматики, яка повинна забезпечити безпеку руху на залізницях.

Контроль рівня напруги у колах живлення залізничної автоматики здійснюють так звані аварійні реле. Якість роботи цих реле є важливою складовою у забезпеченні безпеки руху поїздів.

Дослідженням у галузі живлення пристроїв залізничної автоматики та їх захисту присвячені роботи [1, 2 та ін.], у яких, як правило, приділялась увага якості живильної електроенергії та шляхам підвищення її відповідних показників. Саме тому у своїх дослідженнях звернемо увагу

на режими роботи та параметри аварійних реле залізничної автоматики, які відповідають за перемикання з одного джерела живлення на інше.

Мета роботи. Провести експериментальні дослідження з визначення часу відпускання аварійних реле при різних рівнях напруги живлення.

Матеріал і результати досліджень. Напрямок досліджень пов'язаний з роботою аварійних реле в умовах неякісної електричної енергії систем живлення залізничної автоматики. Серед параметрів релейної апаратури виділимо номінальну напругу реле, мінімальну напругу спрацьовування реле, максимальне значення напруги відпускання реле та час відпускання реле при різних значеннях напруги на котушці реле.

Наведені матеріали присвячені експериментальному визначенню часу відпускання аварійних реле при різних рівнях напруги живлення.

Для визначення часу відпускання аварійного реле було проведено осцилографування напруг, що подаються на перший та другий канал зовнішнього модуля АЦП. На перший канал подавалась напруга постійного струму від джерела «0...5 В» за допомогою другої контактної групи комутатора, а на другий канал подавалась та ж сама напруга, але через блок-контакти аварійного реле. При розмиканні контактних груп комутатора по осцилограмах двох каналів фіксувався час відпускання аварійного реле.

У лабораторних умовах були проведені експерименти з визначення залежності часу відпускання аварійного реле $t_{U \text{ відп}}$ від напруги відпускання на котушці реле $U_{\text{від}}$ для визначення граничних значень тривалості імпульсних провалів напруги живлення $t_{\text{імпрв}}$.

Час відпускання визначався за осцилограмою при відключенні від живлення аварійного реле, на котушці якого було встановлено відповідний рівень напруги. За результатами попередніх досліджень по кожному типу аварійних реле було визначено рівень напруги спрацьовування реле та напругу відпускання реле. Тому визначення часу відпускання реле проводилось на кожному зі зразків при трьох рівнях напруги: номінальній, мінімальній спрацьовування та відпускання.

На рис. 1 подано результати експериментального визначення часу відпускання $t_{U \text{ відп}}$ одного зразка аварійного реле типу АРП220 при $U_{\text{кот}} = [U_{\text{ном}} = 220, U_{\text{ср}} = 165, U_{\text{від}} = 125] \text{ В}$.

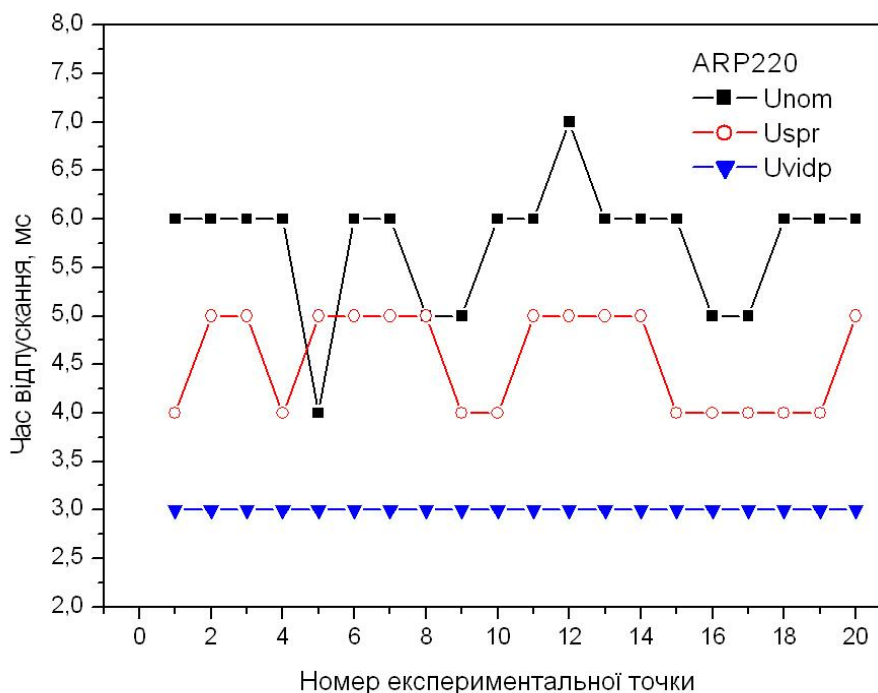


Рис. 1. Результати експериментального визначення часу відпускання $t_{U \text{ відп}}$ одного зразка аварійного реле типу АРП220 при $U_{\text{кот}} = [U_{\text{ном}} = 220, U_{\text{ср}} = 165, U_{\text{від}} = 125] \text{ В}$

Як видно з рис. 1, зі зменшенням напруги на котушці аварійного реле зменшується час його відпускання, тобто реле стають більш «чутливими». Припустимо, що значення напруги на котушці аварійного реле має ситуативне зниження, наприклад під впливом деяких гармонійних складових і в цей час з'являється імпульсний провал напруги живлення, тоді аварійне реле ідентифікує цю ситуацію як аварійну та автоматично виконується перехід на аварійну схему живлення. При цьому напруга живлення на основній лінії, після зникнення імпульсного провалу, залишиться в допустимих межах, але буде зареєстрована відмова з вини служби «Е».

Виходячи з цього пропонуємо використовувати у колах живлення автоматики додатковий накопичувач енергії, який призначено для компенсування імпульсних провалів напруги живлення безпосередньо на котушці аварійного реле. Тобто запропонований пристрій повинен

зафіксувати початок імпульсного провалу напруги на котушці аварійного реле, потім підключити на деякий час до котушки додаткове джерело енергії, наприклад конденсаторну батарею. Час підключення додаткового джерела повинен варіюватися в залежності від початкового значення напруги на котушці аварійного реле, щоб штучно не збільшити час переходу на аварійну схему, при реальному виході з ладу основної живильної лінії.

Ураховуючи, що номенклатура аварійних реле залізничної автоматики є досить широкою [3], постає завдання визначення діапазонів узагальненої залежності часу відключення реле від напруги на котушці аварійного реле $t_{U_{\text{відп}}} = f(U_{\text{кот}})$.

На рис. 2 наведено залежності $t_{U_{\text{відп}}} = f(U_{\text{кот}})$ при $U_{\text{кот}} = [U_{\text{ном}}, U_{\text{ср}}, U_{\text{від}}]$ для аварійного реле типу АРП220. Значення часу відпускання реле подано 20 точками при кожній із напруг для трьох зразків аварійних реле.

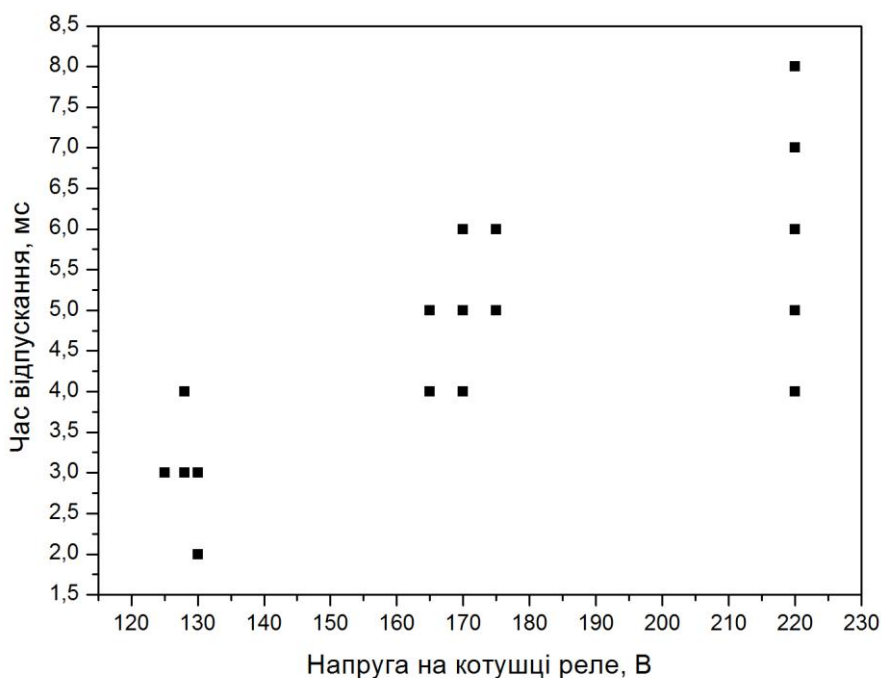


Рис. 2. Залежності $t_{U_{\text{відп}}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного реле типу АРП220

Апроксимація залежності $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ проводилась за таким виразом (у загальному вигляді):

$$y(x) = y_0 + A_1 e^{\left(\frac{-x}{t_1}\right)} \quad (\text{експоненціальна залежність першого порядку}).$$

Для порівняння на рис. 3 наведено експериментальну та апроксимовану залежність $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного

реле типу АРП220. При цьому коефіцієнти апроксимації мають такі значення: $y_0 = 9,93675$, $A_1 = -17,97912$, $t_1 = 134,23012$. Вираз для апроксимованої залежності $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$, поданої на рис. 3, має вигляд

$$t_{U \text{ відп}}(U_{\text{кот}}) = 9,93675 - 17,97912 \cdot e^{\left(\frac{-U_{\text{кот}}}{134,23012}\right)}.$$

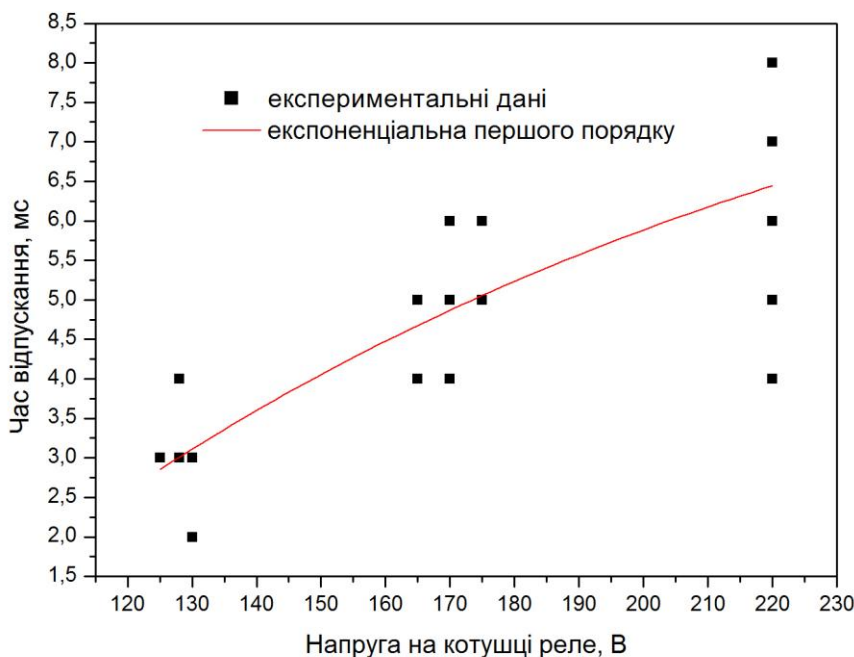


Рис. 3. Апроксимована залежність $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного реле типу АРП220

Наведена на рис. 3 апроксимована залежність отримана за 180 точок (20 експериментальних точок по кожному з трьох зразків при трьох напругах кожен).

Для перевірки узгодженості теоретичних значень функції $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ з експериментальним використовуємо χ^2 (хі- квадрат) Пірсона [4,5].

Критерій узгодженості χ^2 у нашому випадку можна записати так:

$$\chi_{\text{спост}}^2 = \sum_1^S \frac{(t_{U \text{ відп } E} - t_{U \text{ відп } T})^2}{t_{U \text{ відп } T}}, \quad (1)$$

де $\chi_{\text{спост}}$ – критерій узгодженості, що спостерігається;

$t_{U \text{ відп } E}$ – емпіричне значення часу відпускання аварійного реле, яке визначається за експериментальними даними;

$t_{U \text{ відп } T}$ – теоретичне значення часу відпускання аварійного реле, яке визначається за допомогою апроксимованої функції;

S – кількість інтервалів групування значень часу відпускання аварійного реле.

Теоретична залежність $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ узгоджується з експериментальним значенням, якщо

$$\chi_{\text{спост}}^2 < \chi_{\text{кр}}^2, \quad (2)$$

де $\chi_{\text{кр}}^2$ – критерій Пірсона, який визначається за спеціальними таблицями, для цього потрібно визначити кількість степенів вільності розподілення $k = S - n$; n – кількість незалежних умов розподілення.

У нашому випадку при визначенні ступеня узгодженості теоретичних та експериментальних значень $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ задано дві умови: середні значення розподілення значень $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ повинні збігатися; дисперсії розподілення значень $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ також повинні збігатися, тобто $n = 2$.

Рівень значущості приймаємо $\alpha = 0,05$ [5].

Подамо результати перевірки узгодженості емпіричних та теоретичних залежностей $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного реле АРП220 за виразом (1).

Для реле АРП220 виділяємо сім інтервалів групування: (0,2], (2,3], (3,4], (4,5], (5,6], (6,7], (7,8]. Тобто $S = 7$, тоді кількість степенів вільності дорівнює $k = S - n = 7 - 2 = 5$.

За спеціальними таблицями [5]: $\chi_{\text{кр}}^2(\alpha, k) = \chi_{\text{кр}}^2(0,05; 5) = 11,1$.

За експериментальними значеннями визначаємо розрахункове значення

$\chi_{\text{пі і піо}}^2 = 3,0$ та перевіряємо його за табличним $\chi_{\text{кр}}^2$.

$\chi_{\text{спост}}^2 = 3,0 < \chi_{\text{кр}}^2 = 11,1$ вказує на те, що емпірична й теоретична залежності $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного реле типу АРП220 є узгодженими.

Для визначення часу відпускання аварійних реле використаємо усереднені значення та перевіримо наскільки вони відрізняються від апроксимованих (теоретичних) значень.

За експериментальними даними середній час відпускання аварійного реле типу АРП220 в діапазоні номінальної напруги на котушці дорівнює $t_{U \text{ відп}} = 6,43$ мс, а за апроксимованою характеристикою цей час дорівнює 6,45 мс, тобто відхилення між теоретичними та усередненими значеннями складає $\frac{6,45 - 6,43}{6,45} \cdot 100\% = 0,31\%$, цим значенням

можна знехтувати. Середній час відпускання в діапазоні напруг відпускання дорівнює 4,88 мс, а теоретичні значення цього часу дорівнюють: 4,68; 4,87; 5,09 мс. Відповідні відхилення складають: 4,09; 0,2; 4,3 %.

Аналогічно середній час відпускання в діапазоні напруг спрацьовування дорівнює 2,98 мс, а теоретичні значення цього часу дорівнюють: 2,85; 3,01; 3,11 мс. Відповідні відхилення складають: 4,36; 1,0; 4,36%.

Відхилення між усередненими емпіричними й теоретичними значеннями не перевищує 10%, що є допустимим.

Висновки. За наведеною методикою було досліджено понад двадцять типів аварійних реле, які використовуються на залізницях України.

Виходячи з поданих даних можливо по кожному типу реле проводити обробку результатів дослідження часу відпускання базуючись на середніх значеннях часу відпускання у кожному діапазоні напруг по кожному зі зразків реле.

Список літератури

1. Сиченко, В.Г. Електроживлення систем залізничної автоматики [Текст]: монографія / В.Г. Сиченко, В.І. Гаврилюк. – Дніпропетровськ: Вид-во Маковецький, 2009. – 372 с.
2. Костроминов, А.М. Защита устройств железнодорожной автоматики и телемеханики от помех [Текст] / А.М. Костроминов. – М.: Транспорт, 1997. – 192 с.
3. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: Справочник [Текст] / В.И. Сороко, Б.А. Разумовский. – М.: Транспорт, 1981. – 399 с.
4. Справочник по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / [В.С. Королук, Н.И. Портенко, А.В. Скороход, А.Ф. Турбин]. – М.: Наука, 1985. – 640 с.
5. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. школа, 1975. – 146 с.

Ключові слова: реле, час відпускання, інтервал, допуск.

Анотації

Наведено методи обробки та результати експериментального визначення часу відпускання аварійних реле залізничної автоматики.

Представлены методы обработки и результаты экспериментального определения времени отпускания аварийных реле железнодорожной автоматики.

The presented methods of the processing and results of the experimental determination of time of the unhooking emergency relay railway automation.