

УДК 656.256:621.318.5

О. Я. КУРИЛЕНКО – аспірантка, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, elena.kyrilenko@gmail.com

РОБОТА АВАРІЙНИХ РЕЛЕ В УМОВАХ ЖИВЛЕННЯ НЕЯКІСНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

Статтю представив д. т. н., проф. Л. В. Дубинець

Вступ

В умовах росту споживання електричної енергії та збільшення числа споживачів, які генерують реактивну потужність, особливу увагу слід приділяти якості живлючої напруги пристроїв залізничної автоматики. При нестабільній напрузі живлення можуть виникнути ситуації, які призведуть до відмов в залізничній автоматичі, що є недопустимим, оскільки вона повинна забезпечити безпеку руху на залізницях України.

Контроль рівня напруги у колах електроживлення залізничної автоматики здійснюють аварійні реле (АР). Якість роботи цих реле є важливою складовою у забезпеченні безпеки руху поїздів.

Дослідженнями в галузі живлення пристроїв залізничної автоматики та їх захисту присвячені роботи [1 – 3] в яких, як правило, приділялась увага якості живлючої електроенергії та шляхам підвищення її відповідних показників.

Саме тому, автором проводяться дослідження режимів роботи та параметрам аварійних реле залізничної автоматики, які відповідають за перемикання з одного джерела живлення на інше.

Мета роботи

Провести експериментальні дослідження по визначенню часу відпускання аварійних реле при різних рівнях напруги живлення.

Матеріал і результати досліджень

Напрямок досліджень автора пов'язано з роботою аварійних реле в умовах неякісної електричної енергії систем живлення заліз-

ничної автоматики. Серед параметрів релеїної апаратури, автор виділяє: номінальну напругу реле, мінімальну напругу спрацьовування реле, максимальне значення напруги відпускання реле та час відпускання реле при різних значеннях напруги на котушці реле.

Представлені 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 аналогоцифрового перетворювача (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 осцилограмам двох каналів фіксувався час відпускання аварійного реле.

В лабораторних умовах були проведені експерименти по визначенню залежності часу відпускання аварійного реле $t_{U \text{ відп}}$ від напруги відпускання на котушці реле $U_{\text{від}}$, з метою визначення граничних значень тривалості імпульсних провалів напруги живлення $t_{\text{імпл прв}}$.

Час відпускання визначався за осцилограмою, при відключенні від живлення аварійного реле, на котушці якого було встановлено відповідний рівень напруги. За результатами попередніх досліджень автора

по кожному типу аварійних реле були визначені рівень напруги спрацьовування реле та напруга відпускання реле. Тому визначення часу відпускання реле проводилось на кожному зі зразків при трьох рівнях напруги: номінальній, мінімальній спрацьовування та відпускання.

На рис.1 представлені результати експериментального визначення часу відпускання $t_{U \text{ відп}}$ одного зразку аварійного реле типу АРП220 при

$$U_{\text{кот}} = [U_{\text{ном}} = 220, U_{\text{спр}} = 165, U_{\text{від}} = 125] \text{ В.}$$

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 живлючої напруги, 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 допус-

тимих межах, але буде зареєстрована відмова за вини служби «Е».

Виходячи з цього, автором пропонується використовувати у колах живлення автоматики додатковий накопичувач енергії, який призначено для компенсування імпульсних провалів напруги живлення безпосередньої 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 живлючої лінії.

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

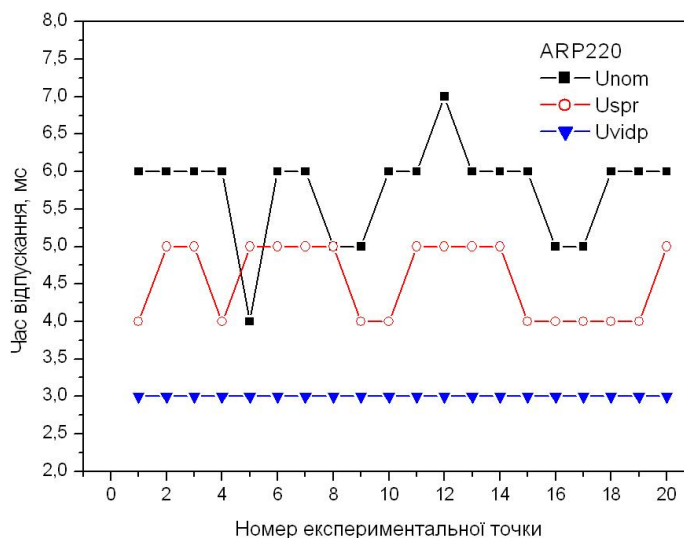


Рис. 1. Результати експериментального визначення часу відпускання $t_{U \text{ відп}}$ одного зразку

аварійного реле типу АРП220 при $U_{\text{кот}} = [U_{\text{ном}} = 220, U_{\text{спр}} = 165, U_{\text{від}} = 125] \text{ В.}$

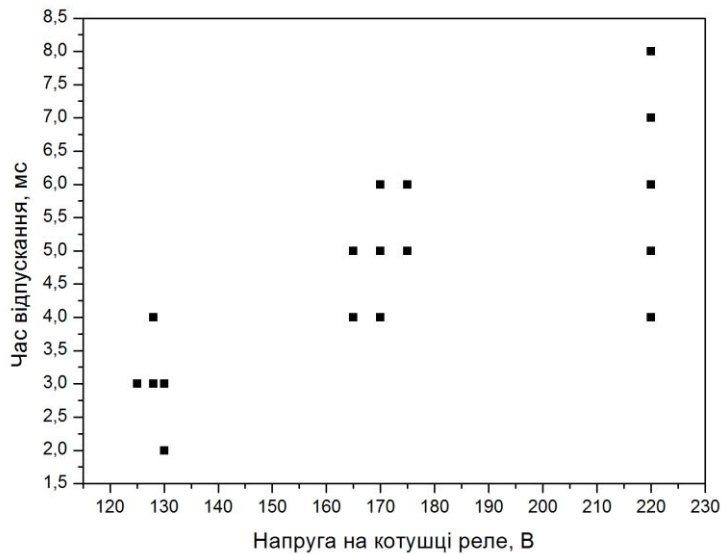


Рис. 2. Залежності $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного реле типу АРП220

На рис. 2 представлені 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 представлено 20 точками при кожній із напруг для трьох зразків аварійних реле.

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

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

Для порівняння на рис. 3 представлені експериментальна та апроксимована 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 $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$, представленої на рис. 3, має вигляд:

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

Представлена 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 використаємо χ^2 (хі- квадрат) Пірсона [4,5].

Критерій узгодженості χ^2 у нашому випадку запишеться:

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

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

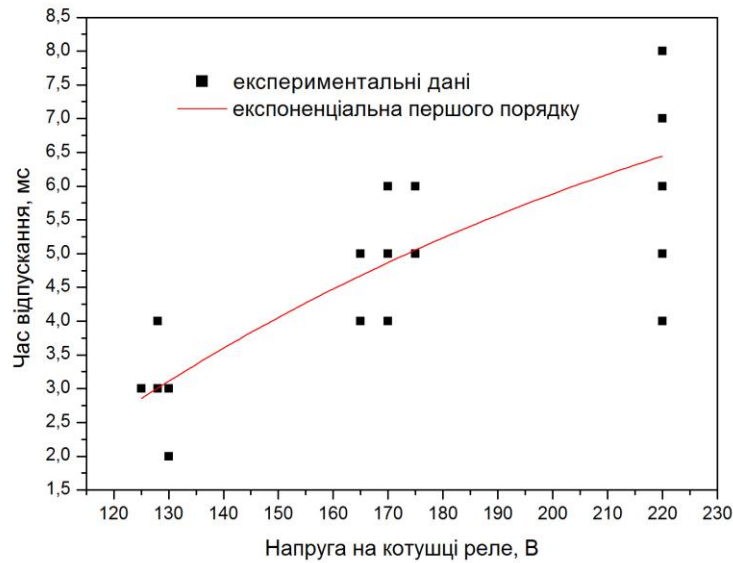


Рис. 3. Апроксимована залежність $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного реле типу АРП220

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

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

В 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 співпадати; дисперсії розподілення значень $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ також повинні співпадати, тобто $n = 2$. Рівень значимості приймаємо $\alpha = 0,05$ [5].

Представимо 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 ступенів свободи 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 $\chi_{\text{спост}}^2 = 3,0$ 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 та теоретична залежності $t_{U \text{ відп}} = f(U_{\text{кот}})$ для аварійного реле типу АРП220 є узгодженими.

Для визначення часу відпускання аварійних реле можливо використовувати 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 мс; 4,87 мс; 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 мс; 3,01 мс; 3,11 мс. Відповідні відхилення складають: 4,36 %; 1,0 %; 4,36 %.

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

Висновки

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

Виходячи з представлених 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.

Бібліографічний список

1. Сиченко, В. Г. Електроживлення систем залізничної автоматики: монографія [Текст] / В. Г. Сиченко, В. І. Гаври-

люк / – Дн-вськ: 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 статистики [Текст] / В. С. Королюк, 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.: Высшая школа, 1975. – 146 с.

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

Ключевые слова: реле, время отпускання, интервал, допуск.

Keywords: relay, release time, interval, tolerance.

Надійшла до редколегії 29.03.2012