

УДК 656.25: 621.318

РАЗГОНОВ А. П., д.т.н., професор,
МОРОЗОВ Г. Л., к.т.н., старший науковий співробітник,
БОНДАРЕНКО Б. М., аспірант (ДНУЗТ)

Акустичний моніторинг електромагнітних реле

Введення

Сучасна техніка дозволяє удосконалити технологію перевірки параметрів реле залізничної автоматики за рахунок автоматизації процесів вимірювання і використання програмних засобів діагностики. У багатьох країнах, що використовують електромагнітні реле в залізничній автоматичці, розв'язуються питання контролю електричних і часових параметрів електромагнітних реле за допомогою різних автоматичних цифрових пристроїв і систем. Наприклад, автоматична тестова система Automatic Relay Test System INDIA індійського виробництва, RelayPro Automated Relay Tester виробництва MRD Rail Technologies Австралії, автоматичний програмний комплекс ІАПК РТУ російського виробництва.

З використанням мікропроцесорної техніки залишаються невирішеними проблеми надійного контролю механічних параметрів електромагнітних реле. Зараз для цього використовуються методи і технології, розроблені у середині минулого сторіччя. Причому виконання ремонтно-профілактичних робіт вимагає високої кваліфікації фахівців, що виконують ручну основний об'єм технологічних операцій по вимірюванню і контролю механічних параметрів реле. Такі роботи передбачають значний час, зокрема розбирання і збирання приладу, що перевіряється, незалежно від його фактичного стану.

Ефективним методом попередження аварій, виявлення несправностей у вузлах радіоелектронної апаратури (РЕА) є акустичні методи [1]. Акустичні методи діагностування можуть використовуватись для таких електромеханічних пристроїв, як соленоїди, реле, контактори. Зокрема реле генерують електродинамічний і електромагнітний шуми, які можуть бути використані для їх діагностування.

Технологія профілактичних робіт на релейній апаратурі повинна включати тестовий контроль параметрів електромагнітних реле і оптимізацію міжремонтного періоду. Ця проблема розв'язується із застосуванням пристрою і способу для вимірювання і

контролю параметрів реле, запропонованого і запатентованого авторами роботи [2].

У статті обґрунтовується побудова акустичного каналу у такому пристрої та розглядається принцип аналізу акустичних сигналів електромагнітного реле на прикладі зміни одного з механічних параметрів.

Опис методу та завдання його реалізації

Акустичний сигнал у реле являє собою суму шумових сигналів від різних джерел. Такий шум може мати деяку тональність, яка визначається частотою, що відповідає максимальній амплітуді в його спектрі. Спектр шуму може бути рівномірним, позбавленим будь-якої тональності.

Однією з найбільш інформативних діагностичних характеристик шумового сигналу є розподіл ймовірностей амплітуд звукового тиску.

Акустичні сигнали механізмів РЕА мають періодичні і неперіодичні складові. Параметри цих сигналів змінюються з часом - у бездефектних пристроїв повільно, у обладнанні, що наближається до стану руйнування, дуже швидко. Тому можна вважати, що в межах усього терміну служби пристроїв його характерний шумовий сигнал є інтервально-стаціонарний процес за умови, що інтервали спостережень вибираються розумно, а сигнали розглядаються як реалізації випадкового процесу з нормальним розподілом.

Важливим механічним параметром електромагнітного реле є висота антимагнітного штифта, його мала висота уповільнює час відпадання якоря реле та може стати причиною системних відмов.

На рис. 1 а)-г) зображені акустичні характеристики роботи електромагнітного реле типу НМШ2-900 при різних висоті антимагнітного штифта, сумісно із рухом якоря, при спрацюванні реле. На кожному з рисунків амплітуди акустичних сигналів відрізняються одна від другої в залежності від висоти штифта δ_0 - δ_3 . Для аналізу отриманих результатів необхідно мати програму або комплекс програм обробки отриманих результатів.

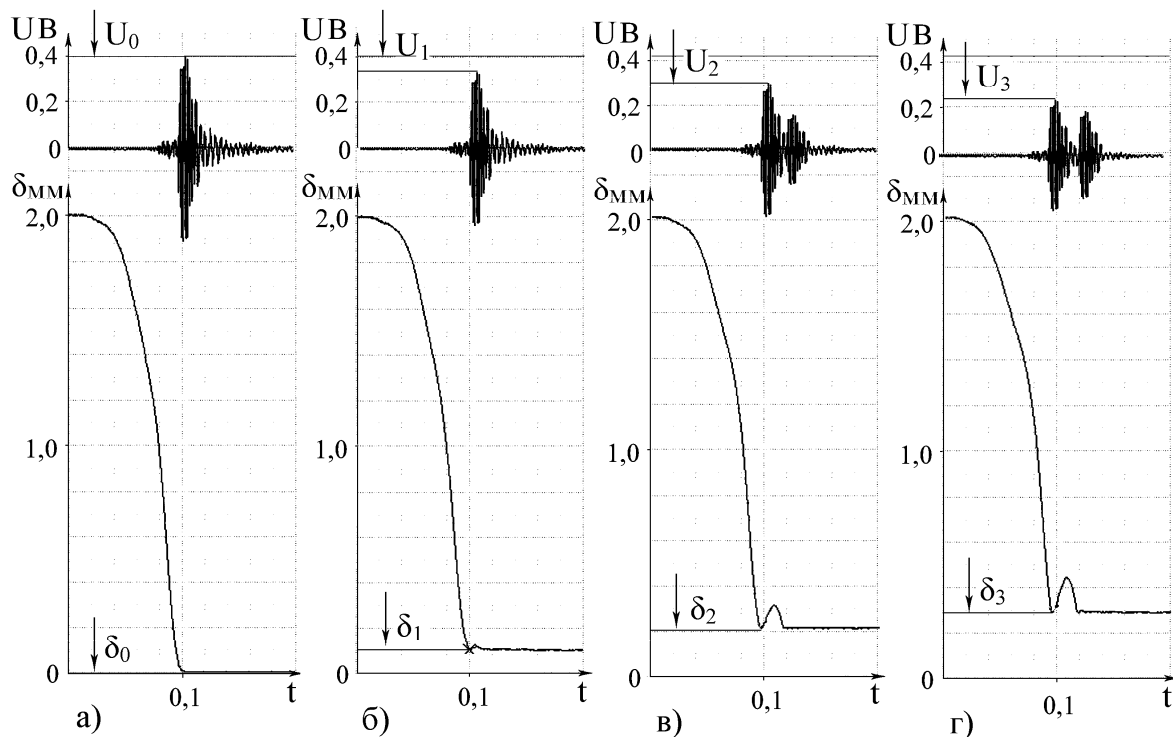


Рис.1 Амплітуда акустичних шумів U_B при спрацьовуванні реле, під час руху δ мм і зупинки якоря при висоті антимагнітного штифта а) $\delta_0=0,0$ мм; б) $\delta_1=0,1$ мм; в) $\delta_2=0,2$ мм; г) $\delta_3=0,3$ мм

Важливим елементом комплексу програм обробки акустичних сигналів на базі аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) є цифрова фільтрація, яка використовується для відновлення сигналу після дискретизації та фільтрації непотрібних частотних складових [3].

Набір програм дозволяє обчислювати параметри розподілу, максимальне і мінімальне значення, стандартне відхилення і кореляційну функцію. Алгоритми модифікації включають масштабування, цифрову фільтрацію та інтегрування. Після цього виникає задача ідентифікації шумових сигналів, тобто побудова математичної моделі (статистичної або динамічної) діагностування об'єкта (з дефектом і без дефекту) на основі експериментальних даних з метою вибору інформативних (визначальних) параметрів для побудови діагностичної системи. При цьому доводиться вирішувати два завдання: аналіз амплітуд шумових сигналів в частотній і часовій областях, визначення зв'язків між складовими шумового сигналу і станом об'єкта, що діагностується.

Існують два методи ідентифікації шумових сигналів: на основі частотного (спектрального) аналізу і з використанням просторових характеристик розподілу сигналів. При спектральному аналізі стан об'єкта, що діагностується, оцінюється показником порівняльного

становища, при якому середньоквадратичний рівень спектрального компонента відповідного шумового або вібраційного процесу порівнюється з граничним, який вважається типовим для обладнання без дефекту [4].

Мета діагностики полягає у виявленні розвитку відмови об'єкту раніше його руйнування. Тому необхідно мати часову залежність роботи дефектних і бездефектних об'єктів контролю, а для забезпечення достовірних результатів застосовувати статистичні методи моделювання. Відповідно до імовірнісного підходу всі відхилення від норми розглядаються як випадкові величини, а основною вимогою до конструкції є мінімально допустима ймовірність руйнування. Труднощі реалізації методів діагностування при експлуатації складної РЕА полягають в тому, що лише в окремих випадках є інформація про кожний конструктивний параметр, яка достатня для надійного опису розподілу ймовірностей виходу цього параметра за межі допустимої величини.

Звичайно використовують фізико-статистичні моделі, що описують взаємозв'язок Y -нормованого параметра об'єкта, що діагностується (ступінь зносу деталі, розрегулювання - і X -параметра шуму (амплітуди певної складової, потужності шуму і т. п.). Тоді метод статистичної ідентифікації буде полягати в тому, щоб приймати ті чи інші рішення, виходячи з ймовір-

ностей випадкової величини X , за якою ми можемо судити про величину Y .

Визнаним способом накопичення інформації та встановлення основних діагностичних оцінок є метод експертних оцінок, які є результатом накопиченого досвіду у фахівців і на основі яких складаються переліки основних несправностей і основних ознак, як правило, що є в експлуатаційній документації у вигляді

ді таблиць типових несправностей.

На рис. 2 зображено амплітуди акустичних шумів і рух якоря реле при його відпаданні, при різній висоті антимагнітного штифта δ_0 – δ_3 . У кожному випадку, як і при спрацюванні реле, амплітуди акустичних сигналів відрізняються одна від одної. Після отримання акустичних характеристик виникає завдання встановити справність приладу.

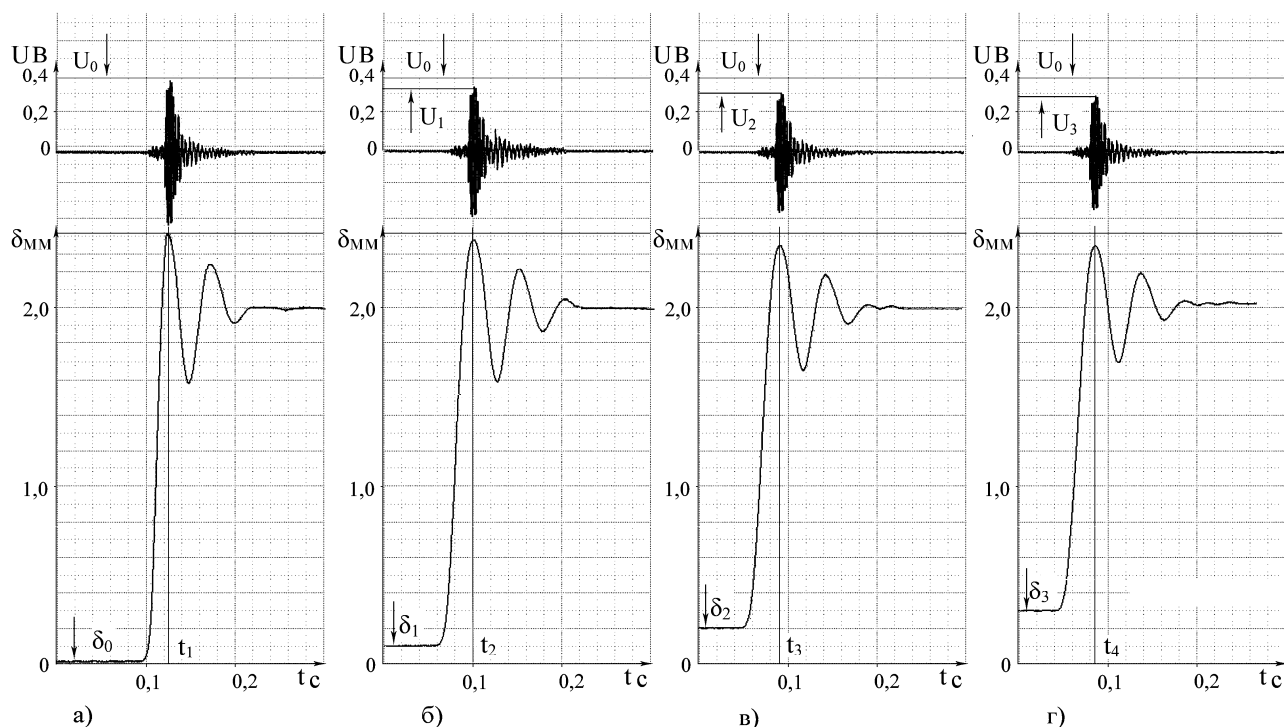


Рис.2 Амплітуда акустичних шумів UB і рух якоря реле δ мм при його відпаданні, при висоті антимагнітного штифта а) $\delta_0=0,0$ мм; б) $\delta_1=0,1$ мм; в) $\delta_2=0,2$ мм; г) $\delta_3=0,3$ мм

Для ідентифікації методом розпізнавання образів можуть бути використані алгоритми [9], але у всіх випадках необхідно знати закони розподілу контрольованих параметрів, які в основному можуть бути визначені експериментально.

Перераховані методи ідентифікації шумових сигналів відповідним станам реального пристрою (справне, несправне) можуть бути успішно застосовані, якщо існує достовірні статистика оцінки шумових сигналів. Зокрема, представляє інтерес закон щільності імовірності розподілу шумових сигналів [5].

Для акустичного моніторингу електродинамічних процесів, роботи електромагнітних реле необхідно визначити тип акустичних датчиків, які перетворюють акустичні коливання в електричні сигнали.

Використовуючи електродинамічні процеси, які супроводжують роботу електромагнітних реле, необхідно зафіксувати та проаналізувати створенні акустичні коливання з метою технічної діагностики

блоку реле.

При роботі реле коливання передаються елементам конструкції реле і повітря у вигляді акустичної енергії, поширюваної в середовищі. В різних точках середовища виникає змінний звуковий тиск, який і повинен сприйматися первинним перетворювачем (мікрофоном). Рівень звукового тиску в певних точках простору залежить від потужності джерела, умов розповсюдження (інтенсивності звуку в певному напрямі) і відстані до джерела.

Рівень сигналів на виході приймача залежатиме ще і від шумів навколишнього середовища і технічних характеристик приймача. Мікрофон перетворює акустичну енергію – коливання тиску – в електричну. Це перетворення можна здійснювати різними способами. За способом перетворення мікрофони діляться на електродинамічні, вугільні, п'єзоелектричні і електростатичні. Мікрофони характеризуються рядом параметрів. Основні технічні характеристики конден-

саторних мікрофонів, які можуть використовуватися в акустичній діагностиці РЕА, надані в [6].

Для прийому акустичних сигналів можуть застосовуватися і контактні пьезоперетворювачі, описані в [7]. Але вони мають ряд недоліків, пов'язаних з обов'язковим контактом з твердим тілом. Тому останніми роками з'явилися нові методи і засоби реєстрації коливань, які використовують методи візуалізації акустичних коливань на базі елементів нелінійної оптики і акустичної голографії. [8]. Але основний недолік цих методів – їх висока вартість.

При прийомі шумових сигналів, як правило, розв'язуються дві вимірювальні задачі: виявлення джерел шуму і визначення рівня їх шумів [9].

У випадку з електромагнітним реле основним джерелом шуму є якір реле. Але навколо блоку реле створюються електромагнітні хвилі, які можуть негативним чином вплинути на електродинамічні мікрофони, для зменшення цього впливу усередині такого мікрофону розташовують додаткову обмотку. Вугільні мікрофони мають низьку якість перетворення середніх та високих звукових частот. Тому для зменшення електромагнітного впливу та підвищення якості перетворення акустичних коливань доцільно використовувати п'єзоелектричні або електростатичні мікрофони. П'єзоелектричні мікрофони дуже перспективні для таких досліджень, оскільки є можливість їх сумісного одночасного використання на кожному зовнішньому елементі реле та у будь-якому місті його корпусу. Але при використанні п'єзоелектричних мікрофонів важко забезпечити однаковий тиск та однакову крапку приєднання мікрофону до елементів реле, які перевіряються. Електростатичні мікрофони володіють меншою залежністю від зміни зовнішнього електромагнітного поля, в порівнянні з електродинамічними мікрофонами, та не існує великих проблем з їх розташуванням біля корпусу реле. Для якнайменших спотворень при перетворенні звукових коливань в електричний сигнал доцільно розташувати мікрофони в середині шумонепроникної чарунки з блоком реле, біля його корпусу, в безпосередній близькості від якора реле. В якості мікрофону оптимальним за простотою, якістю сигналу та вартістю буде застосування конденсаторного мікрофону.

Велике значення при вимірюваннях і аналізі шумів при роботі реле має правильний вибір часу реєстрації (спостереження). Час реєстрації цих шумів повинен на порядок або більш перевищувати найтриваліші періоди шумового сигналу.

Крім того, шуми різних елементів РЕА можуть ставитися в широких межах по частоті і по рівню залежно від режиму роботи і виду несправності. Тому для шумової діагностики і визначення вигляду і параметрів розподілу шумових сигналів необхідно застосовувати у комплексі з мікрофоном перетворювачі та пристрої, які можуть проводити статистичну

обробку сигналів. Наприклад, до виходу первинного перетворювача мікрофону підключається вторинний перетворювач – АЦП та комп'ютер для управління, обробки і запису сигналів, які застосовуються у комплексі [2]. У цьому вимірювальному комплексі використовується електростатичний мікрофон, сертифікований АЦП типу LCARD E – 140, зі своїм інтерфейсом, та комп'ютер, що забезпечує високий ступінь точності результатів при мінімальних витратах коштів, часу і мінімальних вимогах до кваліфікації фахівців, що виконують роботу.

Аналіз експериментальних вимірювань

Розглянемо один з варіантів контролю працездатності релейної апаратури залізничної автоматики з використанням методу акустичної діагностики (ідентифікація шумових сигналів на основі використання моментів щільності розподілу імовірності випадкових шумових сигналів).

На рис. 1 і рис. 2 подані шумові діаграми роботи реле в поєднанні з фактичним рухом якора при спрацюванні реле НМШ2-900 та при відпаданні якора під час його відпускання.

Початок зростання амплітуди шуму співпадає з зупинкою якора реле під час його удару о полюсний наконечник реле або о тиллові контакти при відпаданні та може використовуватись для діагностування роботи реле.

Акустичні шумові «портрети» механічних переміщень, що відбуваються під час включення всередині блоку реле типу НМШ 2-900, подані при відсутності антимагнітного штифту (рис. 1 а), при його зносі (рис. 1 б), всередині справного блоку реле (рис. 1 в) та при штучному збільшеному антимагнітному штифті (рис. 1 г).

На діаграмі (рис. 1 а, рис. 1 б) видно, що амплітуди акустичних коливань при спрацюванні реле більші (величини U_0 та U_1) ніж на рис. 1 в, рис. 1 г. Це обумовлено великим вільним ходом і прискоренням якора перед ударом якора або зменшеного антимагнітного штифту о полюсний наконечник. Час до максимуму цих амплітуд від початку включення також більший (величини t_1 та t_2). Це обумовлено більшою відстанню, яку проходить якір до його удару о полюсний наконечник через зменшену висоту антимагнітного штифту.

На діаграмі (рис. 1 г) видно, що амплітуда акустичних коливань при спрацюванні реле менша (величина U_3). Це обумовлено зменшеним вільним ходом і меншим прискоренням якора перед ударом збільшеного антимагнітного штифту о полюсний наконечник. Час до максимуму цієї амплітуди від початку включення менший (величина t_3). Це обумовлено меншою відстанню, яку проходить якір до удару збільшеного антимагнітного штифту о полюсний наконечник.

Дослідження, проведені з різною висотою антимагнітного штифта, показують, що в цих випадках амплітудні показники мають більш характерні розбіжності, ніж відповідні часові показники. Це обумовлено збільшенням прискорення якоря перед його ударом о полюсний наконечник при зменшеній висоті штифта (й навпаки). Швидкість якоря та енергія, з якою він ударяється о полюсний наконечник, також зростає (або зменшується), відповідно зростає або зменшується енергія акустичної хвилі, що добре фіксує мікрофон.

На рис. 2 а при відсутності антимагнітного штифта при відпаданні якоря проходить більший шлях з прискоренням вантажу рівним $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, що відповідним чином відображається на шумовій діаграмі U_0 (рис. 2 а), значення шуму у цьому випадку, як і при спрацюванні реле (рис. 1 а), перевищує всі решті акустичні сигнали, які отримані при різних висотах антимагнітного штифта від 0,1 до 0,3 мм

Акустичні діаграми роботи реле доповнюють інформацію для визначення характеру несправності реле, отриману при вимірюванні струму і фізичного зазору працюючого реле.

Таким чином, шумові портрети об'єкту, що діагностується, повинні порівнюватися з еталонними записами можливих відхилень. Розбіжність (схожість) можна успішно оцінити за допомогою наведених вище параметричних або імовірнісних критеріїв, а також інших критеріїв та методів, вживаних в математичній статистиці і кластерному аналізі [10].

Подано опис випадкового процесу виникнення амплітуди акустичних коливань у вигляді щільності розподілу імовірності $f(U)$, де $U > 0$ – випадкова величина.

Встановлено, що щільність імовірності може бути задана наступною рівністю:

$$f(U) = \begin{cases} 0 & , \text{ при } U \leq 0 \\ \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(U-m)^2}{2\sigma^2}} & , \text{ при } U > 0 \end{cases} \quad (1)$$

де m – математичне очікування випадкової величини U ; σ – середньоквадратичне відхилення випадкової величини U .

Рівність (1) є описом щільності розподілу випадкової величини U .

Правомірність застосування виразу (1) для опису випадкового процесу (рис. 3) підтверджується методами математичної статистики і оцінки ступеня наближення статистичного розподілу випадкової величини до теоретичного розподілу [11].

Статистична обробка випадкових сигналів, одержаних за допомогою програмного вимірювального комплексу, дозволяє визначити щільність імовірності амплітуд шумових сигналів при спрацюванні реле,

наприклад реле НМШ 2-900.

Амплітуди шумового сигналу при зменшеному антимагнітному штифті реле значно більше амплітуд відповідного сигналу нормального реле. І навпаки – при збільшеному антимагнітному штифті амплітуда шумового сигналу менше ніж у справного реле (рис. 1 г). Цю обставину можна використовувати для відбору реле для подальшого ремонту і регулювання.

Оскільки шумові сигнали носять випадковий характер, тому є цікавим отримання таких характеристик, як щільність імовірності розподілу шумових сигналів.

Розглянемо варіант випадкового процесу виникнення спектру акустичного сигналу максимальної амплітуди при спрацюванні реле і зменшеному антимагнітному штифті на виході електронного перетворювача (рис. 3)

У даному випадку випадковий сигнал має характер імовірності в певному часовому інтервалі.

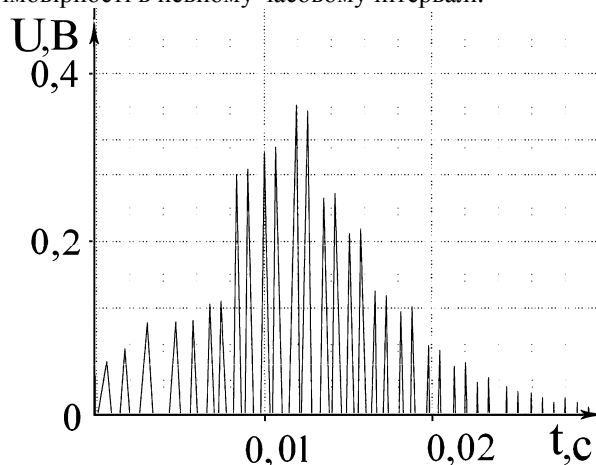


Рисунок – 3 Акустичний сигнал роботи реле на виході електронного перетворювача

Задача полягає у тому, щоб для даної реалізації випадкової величини U знайти відповідний закон розподілу $f(U)$. Вважатимемо, що характер зміни величини U визначається цілим рядом випадкових чинників. Таким чином, будемо припускати, що випадкова величина U підкорена нормальному закону розподілу в межах заданого проміжку часу [11]:

$$f(U) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(U-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Виберемо для узгодження гіпотетичної щільності розподілу випадкової величини U (нормальний закон із статистичним розподілом) критерій χ^2 Пирсона. Для цього складемо статистичний ряд (табл. 1):

Таблиця 1.

I_i	K_i	p_i	$n \cdot p_i$
0,8; 1,2	19	0,68	18,85
1,2; 1,6	14	0,64	13,65
1,6; 2,0	10	0,45	9,75
2,0; 2,4	10	0,45	9,75
2,4; 2,8	8	0,36	7,8
2,8; 3,2	6	0,23	5,85
3,2; 3,6	2	0,09	1,95

При $n = 21$; $m = \sum_{i=1}^{21} \frac{U_i}{n} = 0,19 \text{ В}$;

$$\sigma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{21} (U_i - m)^2 = 0,016$$

Число ступенів свободи $r = 7 - 3 = 4$. Значення m , δ розраховані за даними рис. 3. В цьому випадку:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^7 \frac{(K_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i} \approx 0,823$$

при $\chi^2 = 0,711$ $p = 0,95$

при $\chi^2 = 1,064$ $p = 0,90$.

Отже, шукана вірогідність p при $\chi^2 = 0,823$ приблизно дорівнює 0,93. Ця вірогідність не є малою, тому гіпотезу про нормальний закон розподілу випадкових шумових сигналів можна вважати правдоподібною.

Аналогічна процедура визначення щільності розподілу шумових сигналів була проведена для справного реле (рис. 4, 1) і несправного, збільшеного (забрудненого) антимагнітного штифту (рис. 4, 3).

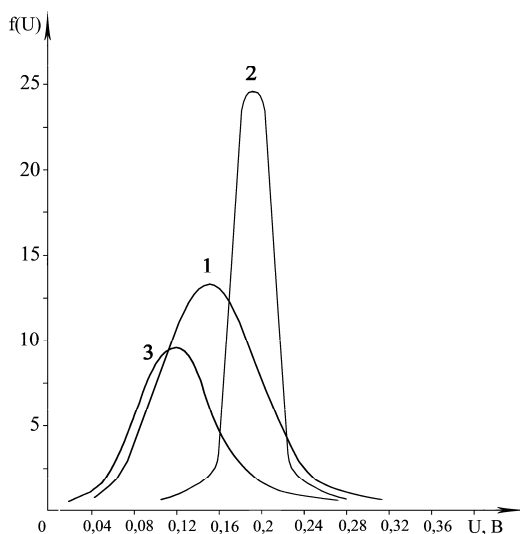


Рисунок – 4 Щільності розподілу імовірності шумових сигналів: 1- справного реле, 2, 3 - несправних реле

У табл. 2 наведені значення амплітуд шумових сигналів справного (2.1), та несправних реле (2.2 і 2.3).

Щільності розподілу шумових сигналів, одержаних на виході програмного вимірювального комплексу при дослідженні реле типа НМШ2-900, подані на рис. 4.

При цьому функції розподілу $g(U)$ матиме вигляд:

$$g(U) = \begin{cases} 0, & \text{при } U \leq 0; \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^U e^{-\frac{t^2}{2}} dt, & \text{при } U > 0 \end{cases} \quad (3)$$

Надійність схвалюваних рішень можна оцінювати по величині $\varepsilon = \left| \frac{\bar{U}_i - \bar{U}_e}{\bar{U}_i} \right| \cdot 100\%$. Заміну ε слід по-

рівняти по відношенню до $\varepsilon_{кр}$, тобто

$$\varepsilon_{кр} < \left| \frac{\bar{U}_i - \bar{U}_e}{\bar{U}_i} \right| \cdot 100\%,$$

де $\varepsilon_{кр}$ - допустима надійність визначення еталонних характеристик реле.

$\bar{U}_n$ - середнє значення (оцінка математичного очікування амплітуди шумового сигналу) реле, що перевіряється;

$\bar{U}_e$ - середнє значення (оцінка математичного очікування амплітуди шумового сигналу) еталонного реле.

Процедуру відбракування ненадійних реле можна здійснювати за допомогою програмного комплексу шляхом порівняння середніх значень амплітуд шумових сигналів еталонного реле, й того що перевіряється. Якщо середнє значення шумових сигналів реле що перевіряється, більше аналогічної характеристики еталонного реле, то ухвалюється рішення відбракування першого з подальшим аналізом причин відхилення від норми і відповідного регулювання або ремонту.

Так при перевірці реле НМШ2-900 середня амплітуда шумових сигналів еталонного реле: $\bar{U}_e = 0,124 \text{ В}$, а несправного реле – $\bar{U}_n = 0,15 \text{ В}$, що підтверджує необхідність його регулювання або ремонту. При цьому надійність прийняття рішення складає більш 70%.

При збільшеному антимагнітному штифті характер шумових сигналів також представляє собою імовірний процес (рис.2 г). Прийняття рішення про справність реле в цьому випадку може бути здійснене по вище розглянутому критерію – порівняння середніх значень амплітуд шумових сигналів справного і не справного реле.

Таблиця 2

2.1. При δ_0 справного реле			2.2. При зменшеному δ_0			2.3. При збільшеному δ_0		
U, В	σ^2	σ	U, В	σ^2	σ	U _{ср} , В	σ^2	σ
0,048	0,000441	0,0210	0,056	0,000783	0,0280	0,040	0,000318	0,0178
0,056	0,000372	0,0190	0,072	0,000236	0,0154	0,048	0,000105	0,0102
0,080	0,000201	0,0140	0,104	0,000492	0,0222	0,068	0,000210	0,0145
0,080	0,000201	0,0140	0,104	0,000492	0,0222	0,068	0,000210	0,0145
0,080	0,000201	0,0140	0,108	0,000530	0,0230	0,072	0,000236	0,0154
0,096	0,000116	0,0110	0,124	0,000699	0,0264	0,084	0,000321	0,0179
0,096	0,000116	0,0110	0,128	0,000745	0,0273	0,085	0,000327	0,0121
0,216	0,000220	0,0190	0,280	0,003564	0,0579	0,184	0,001539	0,0392
0,224	0,000273	0,0170	0,288	0,003770	0,0614	0,188	0,001607	0,0401
0,240	0,000397	0,0200	0,308	0,004312	0,0657	0,204	0,001892	0,0435
0,248	0,000468	0,0220	0,312	0,004425	0,0665	0,208	0,001967	0,0443
0,288	0,000910	0,0300	0,360	0,005891	0,0077	0,240	0,002618	0,0512
0,280	0,000810	0,0280	0,352	0,005632	0,0750	0,236	0,002532	0,0503
0,200	0,000130	0,0110	0,252	0,002887	0,0537	0,164	0,001223	0,0350
0,200	0,000130	0,0110	0,256	0,002979	0,0546	0,168	0,001283	0,0358
0,160	0,000008	0,0029	0,208	0,001967	0,0443	0,136	0,000841	0,0290
0,168	0,000021	0,0046	0,216	0,002121	0,0461	0,140	0,000891	0,0298
0,112	0,000054	0,0074	0,140	0,000891	0,0298	0,092	0,000385	0,0196
0,104	0,000082	0,0091	0,136	0,000841	0,0290	0,088	0,000352	0,0188
0,088	0,000156	0,0125	0,116	0,000612	0,0247	0,076	0,000263	0,0162
0,096	0,000116	0,0108	0,120	0,000653	0,0256	0,080	0,000291	0,0171
0,064	0,000309	0,0176	0,080	0,000291	0,0171	0,052	0,000123	0,0111
U _{ср} = 0,1465	0,000270	0,0150	U _{ср} = 0,187273	0,002037	0,0407	U _{ср} = 0,12367	0,000888	0,0300

Висновок

Акустичний моніторинг електромагнітних реле є достатньо надійним способом діагностики комутаційних засобів [12].

Статистична обробка випадкових сигналів, отриманих за допомогою програмного вимірювального комплексу, дозволила визначити щільність імовірності амплітуд шумових сигналів при спрацьовуванні реле НМШ 2-900. При цьому, шукана вірогідність не є малою, тому гіпотезу про нормальний закон розподілу випадкових шумових сигналів можна вважати правдоподібною.

Для акустичного моніторингу і визначення розподілу шумових сигналів необхідно застосовувати у комплексі з мікрофонами перетворювачі й комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням для управління та статистичної обробки сигналів. У пристрої [2] до виходу первинного перетворювача – мікрофону підключаються вторинний перетворювач – АЦП, типу LCARD E – 140, зі своїм інтерфейсом і комп'ютер для управління, обробки і запису сигналів.

Акустичний канал у цьому комплексі використовується сумісно з оптичним, електричним і

електромагнітним каналами діагностики реле і дозволяє зменшити похибку при визначенні механічних параметрів реле.

Література

1. Коллакот, Р. А. Диагностирование технического оборудования [Текст] / Пер. с англ./Р.А. Коллакот Под ред. Ю. Н. Мясникова. – Л.: Судостроение, 1980.
2. Разгонов А. П., Андреевських О. В., Бондаренко Б. М., Безрукавий Д. А. Патент України на винахід № 70568 від 25.04.2007 року Бюл. №5 «Пристрій для вимірювання переміщення якоря електромагнітного реле».
3. Теория и применение цифровой обработки сигналов [Текст] / Пер. с англ. Б. Гоулд Под ред. Ю. И. Александрова.– М.: Мир, 1982.
4. Контроль шума в промышленности [Текст] / Под ред. Дж. Д. Вебба. Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1981.

5. *Ксистрис В.* Оценка надежности машин по степени усталостного повреждения, накопленного вследствие случайных вибраций [Текст] // Конструирование и технология машиностроения – 1978. – № 4. – С. 34-50.
6. *Электронная аппаратура:* Каталог 1983/1984 г. фирмы «Брюль и Кьер».
7. *Ермолов И. Н.* Теория и практика ультразвукового контроля [Текст]/ И. Н. Ермолов – М.: Машиностроение, 1981.
8. *Гик Л.Д.* Акустическая голография / Ред. Н.Н. Пузырев.-Новосибирск: Наука, 1981.
9. *Клюкин, П. И.* Акустические измерения в судостроении. [Текст] / П. И. Клюкин, А. Е. Колесников – Л.: Судостроение, 1966.
10. *Классификация* и кластер [Текст] / Под ред. Дж. Вэн Райзин. – М.: Мир, 1980.
11. *Вентцель Е. С.* Теория вероятностей. [Текст] / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1964.
12. *Морозов Г. Л., Разгонов А. П., Бондаренко Б. М.* Віброшумова діагностика електромагнітного реле // Вісник ДНУЗТ імені ак. В. Лазаряна. – 2010. – №32. – С. 206-211.

Резюме

У статті розглядається один з варіантів контролю працездатності релейної апаратури залізничної автоматики з використанням методу акустичного моніторингу (ідентифікація шумових сигналів на основі використання моментів щільності розподілу імовірності випадкових шумових сигналів)

В статье рассматривается один из вариантов контроля работоспособности релейной аппаратуры железнодорожной автоматики с использованием метода акустического мониторинга (идентификация шумовых сигналов на основе использования моментов плотности распределения вероятности случайных шумовых сигналов)

It is considered one from the alternatives of control of relay equipment efficiency for the railway automation on the basis of acoustics monitoring method (identification of the noise signals by using the moments of random noise signals distribution density)

Ключові слова: електромагнітне реле, акустичний моніторинг, акустичні шуми

Поступила 10.01.2011 г.