

## ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТРІЛОЧНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

На основі аналізу результатів проведених вимірювань часових залежностей та спектрального складу струму переведення стрілок з двигунами постійного струму при справному їх стані, а також при різних дефектах, визначено їх особливості форми кривої та спектру в залежності від технічного стану двигуна.

На основе анализа результатов проведенных измерений временных зависимостей и спектрального состава тока перевода стрелок с двигателями постоянного тока при исправном их состоянии, а также при различных дефектах, определены особенности формы кривой и спектра тока в зависимости от технического состояния двигателя.

On the basis of the analysis of provided measurements results of time dependences and spectral structure of a switch transfer current with direct current machines at their serviceable condition, and also at various defects, the form of a curve and to a spectrum of a current depending on a technical condition of the machines are determined.

### Вступ

В попередніх роботах [1] авторами проведено аналіз проблеми, постановку задачі по розробці автоматизованої системи контролю параметрів стрілочних двигунів постійного струму з послідовним збудженням без вилучення їх із експлуатації в системах електричної централізації стрілок та сигналів та визначено основні параметри, що необхідно контролювати відповідно до галузевих вимог.

В основу розробки автоматизованої системи контролю та діагностування стрілочних двигунів положено відомий метод осцилографування струму через двигун під час переведення стрілки [2–4]. Наявність сучасних мікропроцесорних та комп'ютерних технологій дозволяє формалізувати цей метод та розробити на його основі системи діагностування стрілочних електричних двигунів з послідовним збудженням без виключення стрілок з поїздної і маневрової роботи та при перевірці в ремонтно-технічній ділянці (РТД).

Метою роботи є визначення діагностичних ознак для розробки методики автоматизованого контролю технічного стану електричних двигунів стрілочних приводів на основі проведення вимірювань часових залежностей та спектрального складу струму стрілочних переводів з двигунами постійного струму при справному їх стані, а також при різних дефектах.

### Методика вимірювання

Метод вимірювання струму, що протікає через електропривод під час переведення стрілки описаний авторами у попередній статті [1]. Для визначення діагностичних ознак було взято

справні електричні двигуни після перевірки в РТД СЦБ, а також електричні двигуни з певними дефектами, що були виявлені та ідентифіковано під час експлуатації. Основні типи дефектів було взято такі: обрив секцій обмоток якоря, прогорання ламелей, забруднення колектора двигуна, іскріння на щітках, коротке замикання витків обмотки колектора, «биття підшипника» якоря електродвигуна. Для визначення загальних рис кривої струму через електродвигун з певним типом дефекту вимірювання провели з трьома різними двигунами, що мали однаковий тип дефекту. Струм вимірювали при включенні стрілки на постійну напругу під час переведення як у плюсове так і мінусове положення. Відповідно до методу, що вдосконалюється авторами, проводили спектральний аналіз зареєстрованого сигналу струму. Спектральний аналіз проводили з використанням спеціалізованих програм, а також безпосередньо розкладаючи сигнал за допомогою швидкого перетворення Фур'є за використанням програмного пакету MatLab.

### Результати

Часова залежність струму стрілочного переведення із справним електродвигуном при переведенні одиночної стрілки з маркою хрестовини 1/11 на залізобетонних шпалах з двигуном МСП-0,25 в мінусове положення наведена на рис 1.

При переведенні стрілки в плюсове положення крива струму має протилежну полярність з розбіжністю по амплітудному значенню струму до 10 % для справного двигуна [2].

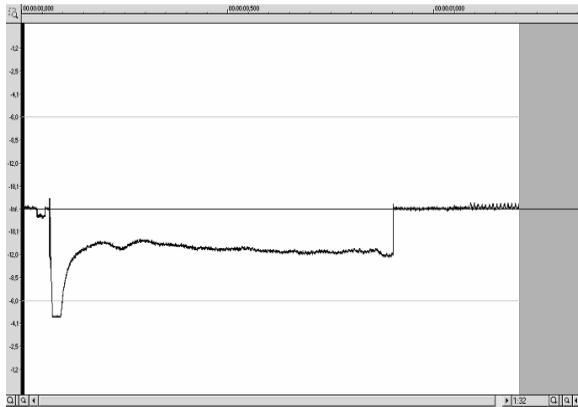


Рис. 1. Часова залежність струму переводу стрілки при справному електродвигуні

При проведенні вимірювань часової залежності струму стрілочного переводу з двигуном типу МСП-0,25, МСП-0,15, МСП-0,1, в РТД дистанції сигналізації та зв'язку необхідно навантажувати їх редуктором стрілочного приводу. Крива струму при перевірці в РТД має деякі відмінності від кривої струму стрілочного переводу, а саме має інший рівень сигналу, а також на кривій на початку не буде імпульсу, що відповідає спрацьовуванню реле ППР стрілочного блоку (див. рис. 1). Також на кривій струму є пульсації на частоті 50 та 100 Гц, що обумовлені джерелом живлення (випрямлячем) в РТД, в той час як в станційних системах такі пульсації можуть бути або ні в залежності від наявності робочої батареї на посту електричної централізації. При новому будівництві на постах електричної централізації робочі батареї акумуляторів не встановлюються, а живлення іде від основного та резервного трьохфазного випрямляча. Часова залежність струму переводу стрілки, що виміряна на посту централізації з живленням від робочої батареї має значно менші пульсації змінного струму промислової частоти. Пульсації в цьому випадку можуть бути внаслідок того, що для заряду акумуляторної батареї в буферному режимі до неї підключене джерело випрямленого струму.

Криву часової залежності струму переводу стрілки при аналізі можна розбити на три ділянки [4]. На першій ділянці є різкий скачок струму, що обумовлений запуском електродвигуна і приведенням в дію редуктора. Значення пускового струму визначає екстремум кривої на цій ділянці і може перевищувати робочий струм переводу стрілки в три, чотири рази. На другій ділянці струм електроприводу змінюється мало і середнє значення його відповідає робочому струму переведення стрілки. Зміни струму обумовлені механічними процесами в стрілочному переводі в процесі переключення

стрілки. Третя ділянка кривої відповідає перехідним процесам в приводі при зупинці двигуна після виключення напруги.

На рис. 2. приведені спектральні складові струму переводу стрілки.

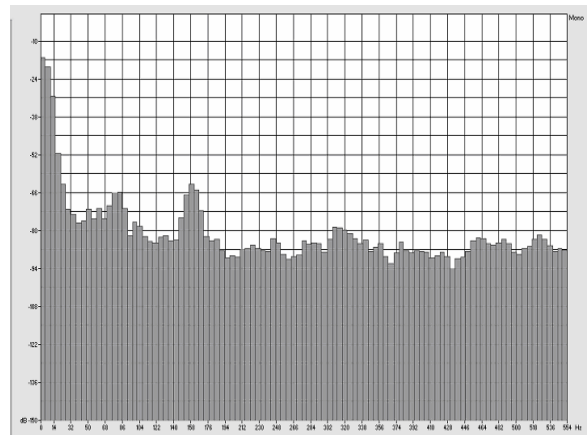


Рис. 2. Спектр сигналу при нормальному переводі

**Стрілочний електродвигун з обривом секції обмоток якоря або прогорання ламелей.** Часова залежність струму стрілочного переводу при обриві кількох провідників в обмотці колектора електродвигуна при переводі одиночної стрілки з маркою хрестовини 1/11 на залізобетонних шпалах з двигуном МСП-0,25 наведено на рис. 3.

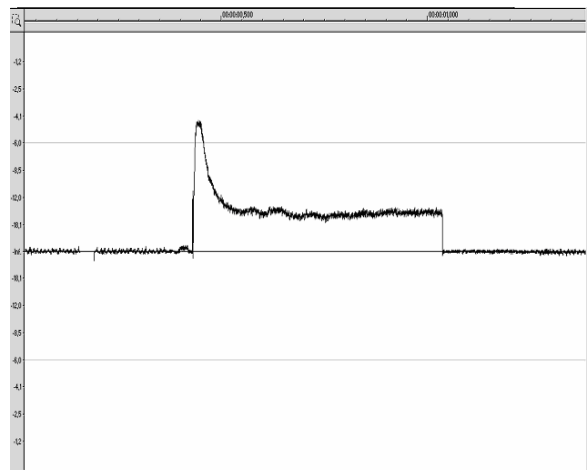


Рис. 3. Часова залежність струму переводу стрілки при обривах в обмотці якоря

Як видно з рисунку в цьому випадку крива споживання струму на другій ділянці матиме гострі «списи», що відповідає виникненню пульсацій напруги при переводі стрілки. Залежно від кількості обірваних секцій варіюватиметься амплітуда піків. Причиною виникнення пульсацій струму на другій ділянці є переривання кола протікання струму при обертанні якоря внаслідок обривів.

Спектральний склад сигналу на частоті 0...550 Гц наведено на рис. 4.

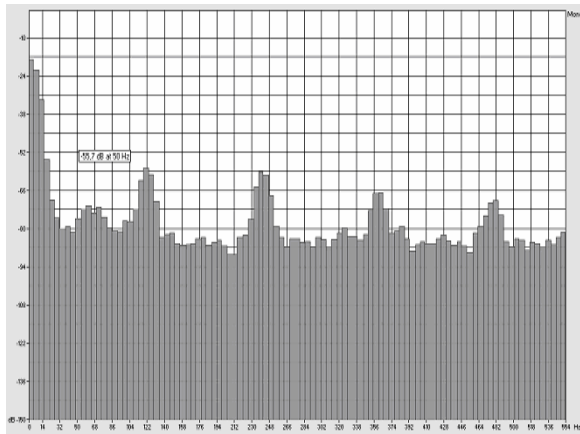


Рис. 4. Спектр сигналу струму переходу стрілки при обривах в обмотці якоря

Як видно, спектр при нормальному переході (див. рис. 2) не перевищує  $-75$  Дб, за виключенням низьких частот (до 100 Гц), які з'являються при переході стрілки, та стрибка амплітуди на частоті 140...170 Гц, який зумовлений присутністю гармонік від випрямляча. Піки ж на діапазоні 0...550 Гц сягають  $-70$ ... $-58$  Дб (див. рис. 4). Всплески амплітуди, пов'язані з обривом секцій якоря, спостерігаються на діапазоні до 2 000 Гц включно, але для виявлення даної відмови двигуна достатньо аналізувати вище приведений діапазон.

**Стрілочний електродвигун із забрудненням колектора двигуна та іскрінням на щітках.** В цьому випадку форма кривої споживання струму на другій ділянці буде аналогічна формі кривої споживання струму при обриві секцій обмоток якоря, але оскільки обрив кола струму не відбувається, а змінюється повний опір якоря  $R_y$  (включно з перехідним опором «щітки-колектор»), струм якоря, змінюватиметься у меншій мірі, відповідно і піки мають меншу амплітуду, згідно з формулою [4; 5]

$$I_y = \frac{U - (n \cdot C_e \cdot \Phi)}{R_y + R_B + R_L}, \quad (1)$$

$R_y$  – опір якоря;  $R_a$  – опір обмотки збудження;  $R_e$  – опір лінійних дротів;  $n$  – частота бертанія;  $\Phi$  – магнітний потік;  $U$  – напруга.

При спектральному аналізі, піки амплітуди також будуть спостерігатись на діапазоні 350...2 000 Гц, але амплітуда їх буде меншою.

**Стрілочний електродвигун з коротким замиканням в колі колектора.** Часова залежність струму стрілочного переходу при короткому замиканні в обмотці колектора електро-двигуна при переході одиночної стрілки з дви-

гуном МСП...0,25 наведено на рис. 5. В цьому випадку опір якоря, на відміну від несправності «обрив секцій», зменшується і відповідно до (1) струм споживання двигуна також періодично буде змінюватись при обертанні якоря і форма кривої струму на ділянці 2 є схожою з несправністю «обрив секцій», але має більшу по амплітудному значенню струм (див. рис. 5). У випадку закорочування або обриву багатьох витків, а також при обриві ламелі, зміни опору якоря будуть набагато більшими і, відповідно, піки на кривих будуть мати більшу амплітуду.

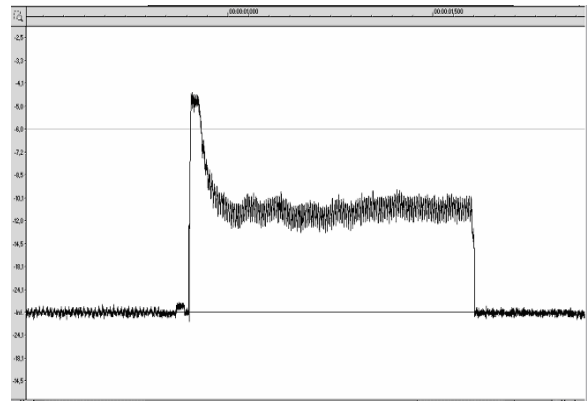


Рис. 5. Часова залежність струму переходу стрілки при короткому замиканні в якорі

Спектральний склад сигналу наведено на рис. 6. Як видно з рисунку сплески стуму, в порівнянні з спектром справного двигуна (рис. 2), мають значно більшу амплітуду. Амплітуда пульсацій на частотах 320...410 сягає  $-35$ ... $-32$ Дб, що вказує на наявність дефекту двигуна, а саме коротке замикання в обмотці якоря. При обриві у обмотці якоря (див. рис. 4) максимальні пульсації спостерігаються у смузі частот 410...500 Гц, а при короткому замиканні 320...410 Гц (див. рис. 6).

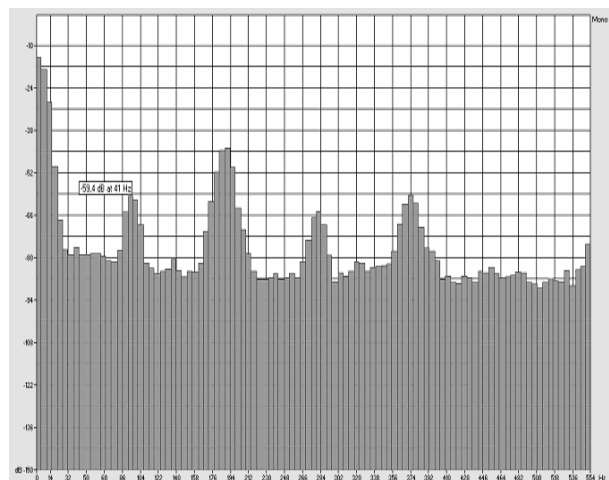


Рис. 6. Спектр сигналу при короткому замиканні в якорі

**Стрілочний електродвигун з «биттям підшипника» якоря електродвигуна.** При несправному підшипнику в двигуні крива споживання струму матиме форму періодичних «спадів» і «підйомів» і на ділянці 2 крива споживання струму має синусоподібні коливання (див. рис. 7). Це викликано тим, що при несправному підшипнику якір електродвигуна буде при обертанні періодично зміщатись відносно осі обертання, і відповідно, буде підскакувати щітка на колекторі, що викликає періодичну зміну струму електродвигуна. Підскакування щітки також можливе при значному короткому замиканні в якорі. В цьому випадку підскакування щітки викликане появою сильної дуги на колекторі. Але по кривій споживання струму ці дві несправності легко відрізнити, бо у випадку короткого замикання в якорі, струм збільшується в декілька разів і виникають крім синусоїдальних перепадів також піки.

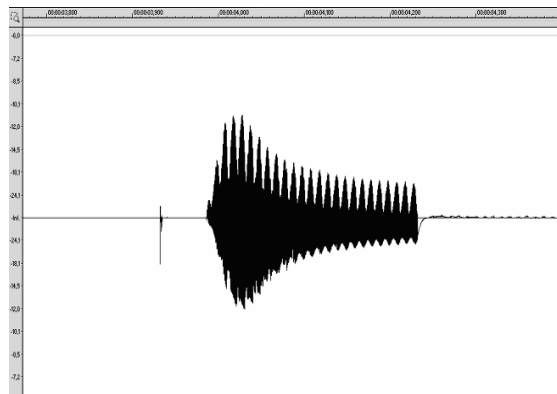


Рис. 7. Часова залежність струму переходу стрілки при несправному підшипнику в електродвигуні

Крива на рис. 7. відрізняється від кривих інших відмов також по методу вимірювання. В зв'язку з тим, що така відмова зустрічається на практиці дуже рідко, провести вимірювання було проблематично [6]. Штучно промоделювати таку відмову також досить складно. Двигун з такою несправністю вдалося записати лише один раз. Запис сигналу струму проводили за допомогою модуляції сигналу високочастотною складовою, що і видно з рис. 7. Спектральний аналіз кривої не проводили, але така несправність легко виявляється по формі кривої споживання струму.

## Висновки

На основі аналізу результатів проведених вимірювань часових залежностей та спектрального складу струму стрілочних переводів з двигунами постійного струму при справному їх стані, а також при різних відмовах визначено їх особливості в залежності від технічного стану двигуна. Електродвигуни, в залежності від їх технічного стану мають особливості у формі кривих струму та у амплітуді і частоті пульсацій, значення яких пов'язані з видом дефекту двигуна, що можна взяти як діагностичні ознаки при розробці методики автоматизованого контролю їх технічного стану. Це дозволяє за допомогою аналізу форми та спектру струму двигуном при переводі стрілки виявити дефекти приводу в процесі експлуатації без виключення стрілки з електричної централізації, а також при перевірці в ремонтно-технічній дільниці.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Маловічко В. В. Автоматизований контроль основних параметрів стрілочного електроприводу / В. В. Маловічко, В. І. Гаврилюк // Вісник Дніпропетровського національного університету імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 16. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2006.
2. Сапожников Вл. В. Станционные системы автоматизации и телемеханики: Учеб. Для вузов ж.-д. трансп. / Вл. В. Сапожников, Б. Н. Елкин, И. М. Кокурин и др. – М.: Транспорт, 1997. – 432 с.
3. Ягудин Р. Ш. Надежность устройств железнодорожной автоматизации и телемеханики. – М.: Транспорт, 1989. – 159 с.
4. Перникис Б. Д. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ / Б. Д. Перникис, Р. Ш. Ягудин. – М.: Транспорт, 1984. – 224 с.
5. Резников Ю. М. Электроприводы ж.д. а. и т. – М.: Транспорт, 1985.
6. Безрученко В. Н. Электрические машины / 2-е изд., перераб. и доп., В. Н. Безрученко, А. С. Хотян. – К.: Вища шк., 1987. – 215 с.

Надійшла до редколегії 22. 03. 2007.