

Самостійна робота за темою 15

Тема: Практичне використання триботехніки в технології виробництва

(Самостійно опрацювати матеріал за темою 15 згідно плану)

Моделювання процесів тертя та зношування

15.1. Використання електрофізичних методів діагностування трібосистем.

15.2. Використання акустичних методів діагностування трібосистем.

15.1. Використання електрофізичних методів діагностування трібосистем

Електричні методи діагностування. Для дослідження динамічної рівноваги процесів утворення і руйнування вторинних структур при терті розроблені спеціальні методи, засновані на вимірюванні величини електродного потенціалу і вентильного ефекту. Для вимірювання електродного потенціалу в мастильний матеріал вводять електрод, ізольований від тертьових поверхонь, заміряють електрорушійну силу між електродом і тертьовими поверхнями і визначають руйнування вторинних структур на робочих поверхнях за зміною величини електрорушійної сили. Схема контролю роботи трібосистеми за описаним способом показана на рис. 9.4. Трібосистема 3 і електрод 2 занурені у ванну з мастильним матеріалом 4. Навантаження трібосистеми здійснюється за допомогою пристрою 5. На поверхні випробуваної трібосистеми, що стикається з робочим середовищем, установлюється певний електричний потенціал, який разом з потенціалом електрода 2 дає певну різницю потенціалів, яка реєструється вимірювальним приладом 1.

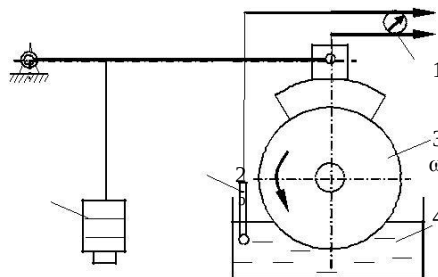


Рис. 15.1 Схема контролю роботи трібосистеми шляхом реєстрації електрохімічного потенціалу

У момент початку роботи трібосистеми і дії навантаження відбувається руйнування вихідних найтонших окисних шарів, що призводить до зміни електричного потенціалу на поверхні трібосистеми. Ця зміна реєструється вимірювальним приладом у вигляді початкового стрибка потенціалу. Надалі при сталому режимі нормального механохімічного зношування, поряд з руйнуванням вторинних поверхневих шарів (окисних плівок) відбувається утворення нових. Настає динамічна рівновага між процесами руйнування і утворення поверхневих окисних плівок, і величина потенціалу буде

знаходитися на якомусь певному, що не змінюється з часом, рівні.

При переході до пошкоджуваності швидкість руйнування окисних плівок переважає над швидкістю їхнього утворення. У цих умовах величина потенціалу не стабілізується. Це сигналізує про настання аварійного режиму задовго до появи таких ознак, як шуми, биття і т. ін. За другим способом з метою підвищення точності контролю режиму тертя через трібосистему пропускають асиметричний змінний струм і вимірюють постійну складового струму в ланцюзі.

На рис. 15.2 показана схема включення трібосистеми в електричне коло, а на рис. 15.3 – осцилограма струму, що відповідає трьом різним режимам тертя.

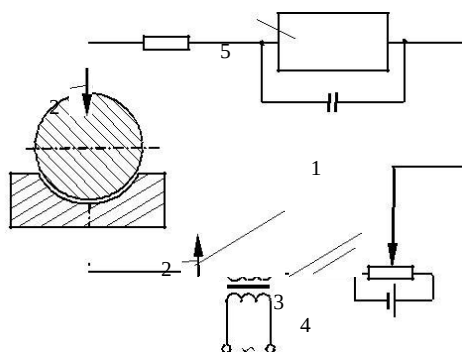


Рис. 15.2. Схема включення трібосистеми в електричне коло



Рис. 15.3. Осцилограма струму, відповідна трьом різним режимам тертя

Трібосистема 1 включена в електричний ланцюг, що містить струмознімачі 2 для приєднання до трібосистеми, джерела змінного струму 3 і джерело постійного струму 4, що утворюють у сукупності джерело асиметричного змінного струму, і апаратуру 5, який реєструє постійну складового струму в ланцюзі.

При роботі трібосистеми постійна складового струму в ланцюзі при терті в умовах граничного мащення складається з постійного струму асиметрії і частини змінного струму, випрямленого граничними шарами мащення і плівками вторинних структур унаслідок прояву вентильного ефекту (ділянка А на рис. 15.3). При терті в умовах гідродинамічного мащення ця складова відсутня (ділянка Б на рис. 15.3). При терті, що супроводжується пошкоджуваністю контактуючих поверхонь у результаті захоплення, яке дорівнює величині постійного струму асиметрії, тобто вентильний ефект відсутній і випрямлена частина струму дорівнює 0 (ділянка В на рис. 15.3).

Використання описаної схеми дозволяє з високою точністю визначити режим тертя, оскільки постійна складова току в ланці суттєво змінюється зі зміною режиму тертя.

Електромеханічний метод діагностування зносу. Важливою рисою трибологічних досліджень є можливість простежити динаміку зміни геометрії елементів при випробуваннях на тертя і знос.

Більшість сучасних методів вимірювання зносу припускають зупинку випробувань. Величина зносу при цьому визначається як сумарний показник за певний проміжок часу або на певному відрізку шляху тертя. Це не дозволяє судити про динаміку протікання процесу зносу і визначати, на яких етапах він проходить з більшою, а на яких з меншою інтенсивністю.

У зв'язку з цим актуальною є розробка пристрою, що дозволяв би стежити за динамікою протікання процесу зношування без припинення експерименту протягом усього його часу.

Сучасний стан трибології дозволяє зробити тертя творчим процесом, що самоорганізується. Це сприяло розробці нових методів і засобів відновлення зношених трибосистем машин і устаткування, у тому числі і без їхнього розбирання.

Запропонований пристрій дозволяє безупинно реєструвати зміну геометрії (знос або нарощування поверхневого шару) зразків з високою точністю при випробуваннях їх на серійній машині тертя 2070 СМТ-1. У ньому пошкодження від биття валів і рухомої каретки машини цілком виключаються завдяки закріпленню всього пристрою на самій цій каретці.

Конструкція і принцип дії подібних пристроїв припускають відсутність температурних розширень випробуваних зразків і всіх елементів кінематичної схеми. Для забезпечення цієї умови для пристрою виготовлена система мащення і терморегулювання (рис. 15.4), яка дозволяє після стабілізації температури всієї системи підтримувати її на постійному рівні.

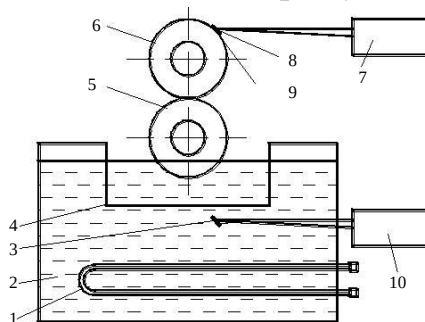


Рис. 15.4. Система мащення і терморегулювання

Мащення здійснюється зануренням нижнього ролика 5 у ванночку з робочою оливою 4. Сама ця ванночка занурена у ванну 2 з нагрітою оливою. Тепло в систему підводиться зануреним у ванну 2 електронагрівальним закритого типу 1. Підтримка температури системи на заданому рівні здійснюється електронним регулятором температури Щ 4531 (10), сигнал на

який надходить від термопари 3, зануреної у ванну 2. Контроль за рівнем і стабілізацією температури верхнього (вимірюваного) диска здійснюється методом ковзної термопари, що дозволяє проводити точні вимірювання швидкозмінюваних температурних полів. Як чутливий елемент використовувалася хромель-копелева термопара типу ХК-7, що дозволяє вимірювати температуру в інтервалі 0...300 °С. Особливістю цієї термопари є те, що спай хромель-капелевої пари 8 змонтована на мідній пластинці 9, що за допомогою пластинчастої пружини притискається до поверхні верхнього елемента 6. Сигнал від термопари надходить на електричний реєстратор температури 7.

Термопара з виводом спаю на мідну пластину забезпечує точне і без інерційне вимірювання температури і може використовуватися практично необмежений час, у той час, як звичайна термопара, у якій з поверхнею обертового зразка контактує безпосередньо спай, зношується вже через 20...30 годин роботи і підлягає заміні.

Тарування термопари здійснюється звичайним способом. Ця система дозволяє підтримувати температуру робочої рідини і зразків на заданому рівні з точністю до одного градуса.

Кінематична і електрична схеми пристрою показані на рис. 9.8 і 9.9. Більш докладно зупинимося на конструкції і роботі пристрою. Механічна частина являє собою підйомний пристрій, закріплений на каретці машини тертя 2070 СМТ-1 (рис. 15.5). Важіль 6 обертається на осі 4 у прецизійних підшипниках, що знаходяться усередині корпусу 5. Корпус жорстко за допомогою болтів закріплений через профіль 3 до каретки 1. До неї ж через той же профіль прикріплена стійка 2. Важіль на $1/3$ довжини від осі торкається випробовуваного ролика. У місці дотику на важелі закріплений підшипник 7, що вільно обертається при обертанні випробовуваних роликів. На кінці важеля також установлений підшипник 13, що у випадку зміни положення важеля (знос або нарощування на зразку) передає обертання через спеціально спрофільовану качалку 14 до мультиплікатора 15. Вихідний вал мультиплікатора через втулку жорстко з'єднаний з валом потенціометра 16, що дозволяє одержувати зміну електричного сигналу як при підйомі, так і при опусканні важеля. Живлення потенціометра здійснюється від елемента постійного струму 1,5 В E_1 великої ємності через додатковий опір R_1 . Вимикання джерела живлення здійснюється вимикачем B . Змінний опір R_2 зібрано з потенціометром у мостову схему і служить для установки нуля на приладі. Реєстрація лінійного зносу проводиться за допомогою високочутливого самописа Н306.

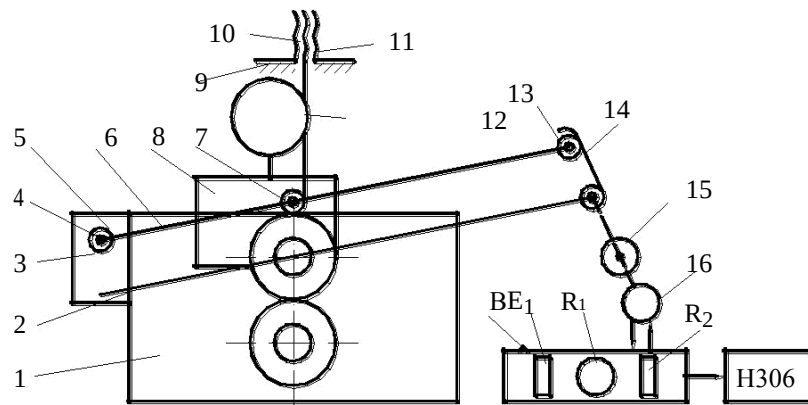


Рис. 15.5. Кінематична схема пристрою

У результаті зносу зразків або утворення на їх поверхні нарощеного шару відбувається опускання або підняття важеля, а значить і переміщення повзуна потенціометра. Це призводить до розбалансування мостової схеми, і на прибор-реєстратор Н306 подається електричний сигнал, який прямо пропорційний зміні розміру верхнього ролика.

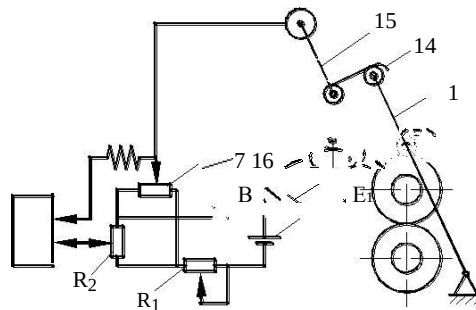


Рис. 15.6. Електрична схема пристрою

Передаточна кількість мультиплікатора розрахована з урахуванням реальних вимірюваних величин і складає 1:40.

Для тарування пристрою в місці кріплення підшипника 8 за допомогою кронштейна 14 до стійки 6 жорстко прикріплений мікрометричний індикатор годинникового типу 15 (ГОСТ 577–68), голка якого спирається на важіль 1.

Тарування вимірювального пристрою здійснюється за допомогою жорстко закріпленого на важелі 1 болта 16, на якому обертається гайка 17, спираючись на обмежник 18 і піднімаючи, таким чином, важіль 1 щодо випробуваних трібоелементів.

При відхиленні важеля був побудований тарувальний графік (рис. 15.7) з використанням показань мікрометричного індикатора годинникового типу 15, що дозволяє за показниками самописа Н306 дізнатися про фактичну зміну лінійних розмірів зразків. Як видно з графіка, одному міліметру діаграми реєстратора відповідає $4,9 \cdot 10^{-5}$ мм зміни розміру зразка. Таким чином, про точність пристрою можна говорити як про $0,49 \cdot 10^{-9}$ м. Однак його чутливість обмежена шириною "волоска" потенціометричного датчика. Поки його

контакт знаходиться в межах одного "волоска", показання приладу не змінюються.

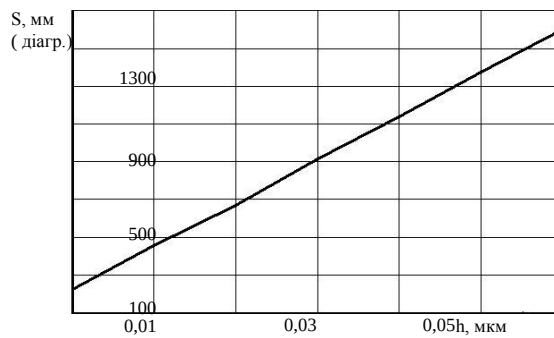


Рис. 15.7 Тарувальний графік пристрою

Вимірювання проводяться в такій послідовності. Випробувані ролики навантажують до необхідного рівня. Відбувається деформація валів машини тертя і випробуваних зразків у місці лінійного контакту, а також деформація і вибір зазорів в механічних елементах вимірювального пристрою.

Далі протягом тривалого часу (до 2-х годин) відбувається нагрівання всієї системи. Поступово теплові потоки вирівнюються і настає температурний баланс системи, що фіксується на реєстраторі 7, рис. 15.6, температури верхнього зразка.

За цей час відбувається його теплове розширення, що чітко відображалось датчиком вимірювання зносу (наросту) із записом на реєстраторі Н306. Реєстрація електричного сигналу від датчика відбувається в каналі "Y". Переміщення по осі "X" здійснювалося ручкою "Уст. 0" на 5 мм через кожні 5 хв. При досягненні граничного значення відхилення пера самописа (20 см) воно переміщається на нульову відмітку за допомогою ручки потенціометра R_2 . В результаті виходить діаграма (рис. 9.11), за якою можна будувати графік зміни геометрії зразків за часом. Сумарний знос або нарощування оцінюється простим додаванням довжин відповідних ділянок 1, 2, 3 діаграми. У нашому випадку загальне відхилення пера самописа складає 560 мм, що відповідає зміні геометрії зразка на 0,02744 мм. Недоліком такого способу реєстрації результатів є необхідність постійної участі в процесі оператора. Цього можна уникнути, застосувавши інший високочутливий реєстратор з постійним протягуванням діаграмної стрічки або підключивши замість цього комп'ютер.

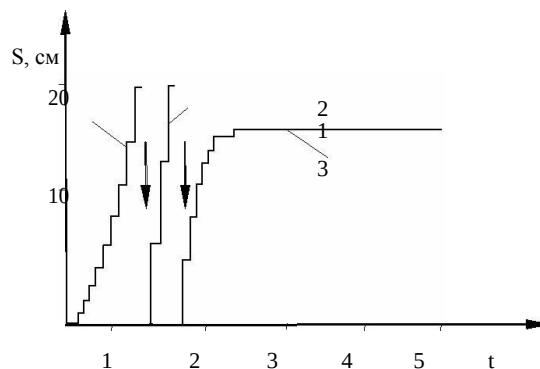


Рис. 15.8 Діаграма реєстрації зміни геометрії зразка

Одночасно це відображалось на індикаторі годинникового типу 12 (рис. 15.8), тому був побудований уточнюючий тарувальний графік, який добре корелюється з першим. Надалі, при зміні умов експерименту або внесенні змін у конструкцію пристрою, що реєструє, цей метод тарування (заснований на тепловому розширенні) може вважатися найбільш прийнятним.

При досягненні теплового балансу на реєстраторі Н306 відзначається нульовий приріст, тобто стабілізація показань реєстратора за каналом "Y". Тепер пристрій готовий до реєстрації зносу або товщини нарощеного шару на елементі.

Такий пристрій без зміни конструкції можна використовувати і при випробуваннях за схемою "колодка-ролик" при дослідженні тертя ковзання.

Недоліком застосування цього пристрою можна вважати очікування настання температурного балансу системи. Знос, що відбувається в цей час, залишається незафіксованим. Однак при терті кочення знос за цей проміжок часу настільки незначний, що ним можна знехтувати. З іншого боку, чим інтенсивніше зношується трібосистема, тим швидше настає тепловий баланс у системі за рахунок більш інтенсивного тепловиділення. Таким чином, цю похибку у більшості випадків можна вважати незначною.

Авторами даного підручника проведена велика кількість випробувань з використанням цього пристрою. Отримані результати дозволяють говорити про розглянутий пристрій як про надійний і точний інструмент дослідження динаміки і величини зміни геометрії зразків при випробуваннях на машині тертя 70 СМТ-1.

15.2. Використання акустичних методів діагностування трібосистем

Акустично-емісійний метод трібодіагностики. Підбір зносостійких матеріалів і мастильних середовищ для агрегатів техніки є дуже складною, дорогою і недостатньо розробленою задачею. Існують різні підходи до скорочення тривалості такого роду випробувань, суть яких зводиться до двох напрямків:

- збільшення навантаження при випробуваннях;
- застосування методів безперервної реєстрації електричних і акустичних полів, випромінювання яких обумовлене процесами поверхневого руйнування.

Перший напрямок знайшов обмежене застосування, оскільки при цьому порушується аналогія між експериментом і реальними умовами роботи трібо-спряжень.

Другий напрямок визнаний перспективним. Особливо привабливим є метод акустичної емісії (АЕ). Застосування цього методу теоретично обґрунтоване, оскільки акустико-емісійне випромінювання прямо пов'язане з масштабом поверхневих руйнувань при терті, фізико-механічними властивостями матеріалів, їхніми структурними станами.

Бурхливий розвиток обчислювальної техніки і статистичних методів аналізу параметрів акустико-емісійного випромінювання поставили на порядок денний розробку автоматизованих систем безперервного контролю за процесами зношування в реальному масштабі часу проведення випробувань. Вони можуть дозволити контролювати знос у всьому динамічному діапазоні від відділення першої частки зносу і до величини інтенсивності зношування, властивих перехідним режимам, а також на постійних режимах їхньої роботи.

Крім того, важливою задачею трібологічних досліджень є можливість простежити динаміку зміни геометрії елементів при випробуваннях на тертя і знос.

Більшість сучасних методів вимірювання зносу передбачають зупинку випробувань. Величина зносу при цьому визначається як сумарний показник за певний проміжок часу або на певному відрізку шляху тертя. Це не дозволяє судити про динаміку протікання процесу зносу і визначати, на яких етапах він проходить з більшою, а на яких з меншою інтенсивністю.

У зв'язку з цим актуальною є розробка пристрою, що дозволяє стежити за динамікою протікання процесу зношування без припинення експерименту протягом усього його часу.

Поєднуючи ці дві проблеми, що стоять перед конструктором на попередньому етапі проектування трібоспряджень, очевидною стає необхідність створення системи автоматичного контролю параметрів процесу випробувань на тертя і зношування.

Така система розроблена авторами підручника. Вона складається з пристрою для безперервної реєстрації геометрії зразків, що випробуються на тертя і знос, яким доукомплектується стандартна машина тертя 2070 СМТ-1, приладу реєстрації параметрів акустичної емісії АЭ-109М і реєстраторів Н306 і Н307 (або комп'ютера).

Прилад АЭ-109М дозволяє реєструвати та ідентифікувати процеси, що протікають на поверхнях тертя в реальному масштабі часу, а пристрій реєстрації зміни геометрії зразків також без зупинки випробувань показує, наскільки вони зносилися або росли.

Ключовим питанням при розробці цієї автоматизованої системи був обґрунтований вибір критерію акустико-емісійного випромінювання, який би найбільш точно враховував зв'язок процесів руйнування зі структурою поверхонь тертя. Проаналізуємо акустичну емісію, яка виникає при поверхневому руйнуванні матеріалів при терті.

Потік акустичної енергії від великої безлічі елементарних джерел створює в точці закріплення п'єзоперетворювача P поле з повною амплітудою A , що виникає в результаті суперпозиції великої кількості елементарних сферичних хвиль з амплітудами A_n і фазами φ_n від елементарних джерел S при їхньому зрізі:

$$A(P) = A \sum_n (P) \exp(i\varphi_n(P)), \quad (15.4)$$

де $A(P)$ – амплітуда сигналів АЕ в точці закріплення п'єзоперетворювача P ;

$\varphi_n(P)$ – фаза n -ої хвилі джерела S . Фаза $\varphi_n(x_n, t)$ залежить від відстані x_n , від джерела і від частоти ω .

Як відомо, для випадку негармонійних хвиль інтерференційна картина цілком відсутня, а середнє значення щільності енергії виявляється пропорційне сумі квадратів амплітуд складених хвиль, тобто має місце енергетичне додавання хвиль.

Крім того, при збуренні в середовищі одночасно великої кількості хвиль від елементарних джерел вони не поширюються незалежно, а породжують нові хвилі комбінаційного типу, частоти яких дорівнюють сумі і різниці частот вихідних хвиль. Таким чином, випромінювання виявляється у вигляді акустичних коливань із широким частотним спектром.

Ефективність оцінювання інтенсивності зношування за параметрами АЕ значною мірою визначається обґрунтованістю їхнього вибору для стаціонарних і нестаціонарних режимів роботи трібоспряжень.

Відомо, що зміна амплітуди акустичних сигналів $X(t)$ носить випадковий характер і надалі може бути задана як функція відповідної змінної t .

Припустимо, що середнє значення інтенсивності сигналу, що пропорційне $|X|^2$, наближається до кінцевої величини, якщо інтервал, по якому проводиться усереднення, є нескінченним.

Тоді ліміт:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |X(t)|^2 dt, \quad (15.5)$$

скінчений. Якщо при цьому ліміт не дорівнює нулю, то очевидно, що інтеграл (9.5) розходиться. Для того, щоб у цьому виразі можна було використовувати методи спектрального аналізу, введемо поняття обрізної функції

$X_T(t)$:

$X_T(t) = X(t)$, якщо $|t| \leq T$, $X_T(t) = 0$, якщо $|t| > T$.

Оскільки при будь-яких значеннях T функція X_T є такою що квадратично інтегрується, можна визначити відповідний Фур'є образ:

$$X_T(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} X_T(t) \exp(i\omega t) dt = \int_{-T}^T X(t) \exp(i\omega t) dt. \quad (15.6)$$

Вважаємо, що функція $X(t)$ належить ансамблю функцій за результатами безлічі вимірювань, які характеризують статистичні властивості процесу поверхневого руйнування.

Якщо розглянутий процес є стаціонарним і ергодичним, то автокореляційна функція $G(\tau)$ для сигналу $X(t)$ визначається виразом:

$$G(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T X(t) X(t+\tau) dt. \quad (15.7)$$

Спектральна функція $W(\omega)$ сигналу $X(t)$ визначається як Фур'є образ автокореляційної функції $G(\tau)$ і записується у вигляді:

$$W(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} G(\tau) \exp(i\omega \tau) d\tau. \quad (15.8)$$

Існує зворотне перетворення:

$$G(\tau) = \frac{1}{2T} \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) \exp(i\omega \tau) d\omega. \quad (15.9)$$

З цього виразу і виразу (9. 9) при $\tau = 0$, одержуємо, що:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |X(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) d\omega. \quad (15.10)$$

Звідси випливає, що:

$$|X_T(\omega)|^2 \quad (15.11)$$

$$W(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} E \left\{ \frac{|X_T(\omega)|^2}{2T} \right\},$$

де оператором E позначимо середнє за ансамблем статичної змінної

$$\left\{ \frac{|X_T(\omega)|^2}{2T} \right\}.$$

З виразів (9.9) і (9.10) очевидно, що функція $W(\omega)$ є спектром потужності сигналу $X(t)$ і являє собою відношення квадрата модуля Фур'є образу $X(t)$ сигналу до інтервалу часу $2T$, протягом якого вимірюється сигнал.

При цьому вираз (9.10) показує, що середня інтенсивність зношування J_h за інтервал часу $2T$ буде корелювати зі значенням інтеграла від спектра потужності сигналів АЕ, порушення яких обумовлене процесами поверхневого руйнування при терті.

Дійсно, оскільки нестационарний процес характерний тим, що має визначену тенденцію розвитку в часі, то характеристики такого процесу залежать від початку відліку і від часу. Однак для кожного нестационарного процесу існують відрізки часу, у границях яких з відомим наближенням цей процес може вважатися стаціонарним і ергодичним.

Таким чином, змінюючи інтервал інтегрування (задаючи досить маленький інтервал) при вимірюванні спектральної потужності АЕ, можливе вивчення процесів поверхневого руйнування на етапі припрацювання трібосистем.

Випадкова функція $X(t)$ може вважатися за визначенням стаціонарною, якщо всі її імовірнісні характеристики не змінюються при будь-якому зрушенні аргументів, від яких вони залежать, по осі t . Однак одна з основних умов, якій повинна задовольняти випадкова стаціонарна функція – це умова сталості дисперсії: $D_X(t) = D_X = \text{const}$.

Щодо акустичного випромінювання сталість дисперсії зміни спектральної потужності сигналів АЕ є достатньою умовою стаціонарності процесу поверхневого руйнування, що є джерелом АЕ.

Відповідно до теореми про дисперсії лінійної функції випадкових некорельованих величин, дисперсія стаціонарної випадкової функції дорівнює сумі дисперсій усіх гармонік її спектрального розкладання.

Розіб'ємо частотний діапазон реєстрації сигналів АЕ на ділянки. Позначимо відстань між сусідніми ділянками ω . Виміряємо дисперсії зміни спектральної потужності сигналів АЕ на кожній ділянці і побудуємо діаграму, висота якої на кожній ділянці ω дорівнює

$$S_X(W_\omega) = D_X / \Delta\omega, \quad (15.12)$$

і являє собою середню щільність дисперсії на цій ділянці.

Якщо необмежено зменшувати інтервал $\omega \rightarrow 0$, то східчаста діаграма необмежено наближається по плавній кривій $S_X(W_\omega)$, що являє собою загальний амплітудно-часовий розподіл. За цією характеристикою, з великою

вірогідністю можна судити про кінетику протікання процесу поверхневого руйнування, пов'язаного зі зміною структури поверхневих шарів, які є невід'ємною складовою частиною процесу припрацювання трібосистем.

З урахуванням вищевикладеного, принципово важливим при реєстрації процесів зношування є обґрунтований вибір інтервалу часу реєстрації спектральної потужності сигналів АЕ.

Проведений теоретичний аналіз акустичного емісійного випромінювання послужив основою для розробки принципово нового акустичного емісійного приладу АЕ-109М для вивчення процесів тертя і зношування, що є складовою частиною автоматизованої системи контролю процесів тертя і зношування рис. 15.9. Зовнішній вигляд приладу АЕ і пристрій для прийому сигналів АЕ показаний на рис. 15.10.

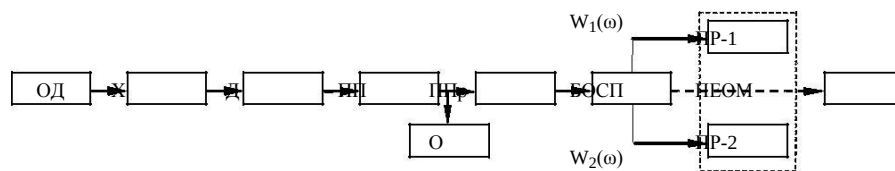


Рис. 15.9. Блок-схема приладу АЕ-109М

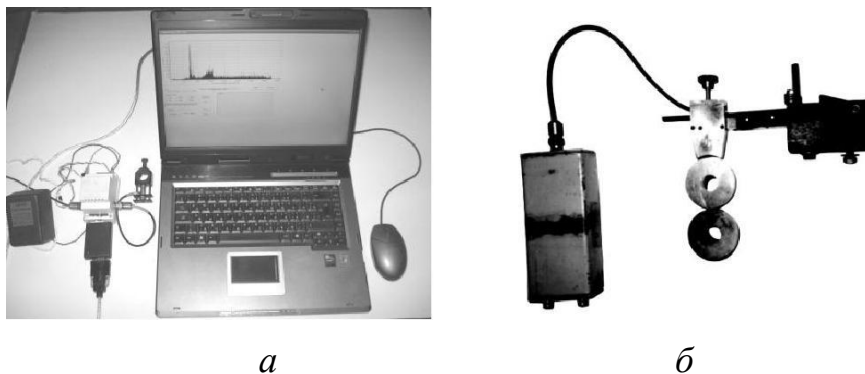


Рис. 15.10. Зовнішній вигляд приладу акустичної емісії:
а – прилад АЕ-109 з пристроєм прийому АЕ для трібосистеми кільце–кільце;
б – пристрій прийому сигналів АЕ для трібосистеми диск–диск

Акустичні хвилі, утворені процесами поверхневого руйнування (знос) в об'єкті діагностування ОД, сприймаються через хвилевід Х датчиком Д (п'єзoeлектричним перетворювачем). Електричні сигнали від датчика Д підсилюються попереднім підсилювачем ПП і для візуалізації надходять на осцилограф О. Після попереднього посилення сигнал АЕ фільтрується, підсилюється в підсилювальному пристрої ППр і надходить на блок обробки спектральної потужності БОСП, інтегрально-логічна схема якого формує сигнал по двох рівнях квантування – за часом реєстрації $W_1(\omega)$ і за рівнем спектральної потужності АЕ $W_2(\omega)$. Сигнали спектральної потужності надходять на пристрої реєстрації: ПР-1 і ПР-2 (самописи типу Н306), а для детального аналізу надходять на ПЕОМ.

На виході першого каналу приладу видається сигнал спектральної потужності $W_1(\omega)$ з інтервалом реєстрації $2T$ для реєстрації швидкоплинних

процесів поверхневого руйнування. Динамічний діапазон зміни сигналу не обмежений. Причому електрична схема інтегратора побудована таким чином, що поки сигнал видається на реєстратор, відбувається додавання спектральної потужності $W_1(\omega)$ за наступний інтервал $2T$ і наступний сигнал надходить на реєстратор у виді постійної напруги, що може дорівнювати, бути більшою або меншою вихідної. Таким чином, це дає можливість реєстрації сигналу у всьому діапазоні зміни величин зносу, причому адаптувавши його практично до всіх реєстраторів (самописам, графобудівникам, ПЕОМ тощо).

По другому каналу відбувається інтегрування $W_2(\omega)$ за заздалегідь заданою величиною досягнення граничного значення спектральної потужності з можливістю зменшення в пропорціях 1/10, 1/100. Спостереження зміни сигналу по цьому каналу дозволяє візуально оцінити динаміку процесів зношування трібоспряження на постійних режимах.

Обидва сигнали вимірюються в частотному діапазоні не більше 2 МГц. Таким чином, створюються умови для найпростішого і ефективного виведення сигналу критеріальної оцінки поверхневого руйнування в ПЕОМ із використанням звукової карти. Обробка сигналів $W(\omega)$ проводиться за допомогою модифікованого програмного забезпечення "SpectrLab", що дозволяє:

- здійснювати аналого-цифрове перетворення (перетворення Фур'є) і запис одержуваного сигналу;
- виконувати цифрове фільтрування, усереднення і пікове захоплення сигналу;
- спостерігати дисперсію записаного сигналу в координатах "Спектральна потужність – час набору квантового рівня";
- документувати отримані результати.

Застосування цієї автоматизованої системи при проведенні трібологічних досліджень підвищує вірогідність і об'єктивність результатів, а також створює передумови для розробки ефективних засобів трібодіагностики складних технічних систем у різних областях машинобудування.

Розглянемо більш детально принцип роботи блока обробки спектральної потужності (БОСП) сигналів АЕ.

Дискретні сигнали спектральної потужності АЕ $W(\omega)$ вимірюються і перетворюються за допомогою цифрових і логічних пристроїв. У них сигнал представляється у вигляді доз (квантів), рівень їх змінюється стрибкоподібно і зберігається протягом деякого малого часу незмінним.

Пристрій дискретної дії дозволяє одержати більш точне відтворення сигналу і менше піддається впливу перешкод.

У приладі АЭ-109М таке перетворення виконується двома шляхами. Один з них – квантування безперервного сигналу за часом зводиться до заміни нескінченно великої кількості значень скінченою кількістю миттєвих значень, що фіксують через певний проміжок часу Δt . Останній називається кроком квантування за часом. У моменти часу t_k ($k = 0, 1, 2, \dots, m$) фіксоване значення $f(t_k)$ дорівнює величині сигналу спектральної потужності в цій точці.

Усередині кроку квантування Δt між сусідніми фіксованими значеннями аналого-цифровий блок формує черговий сигнал, що передається на пристрій реєстрації, з точністю, що визначається частотою квантування $f_k = 1/\Delta t$.

Необхідна смуга частот сигналів АЕ на вході в БОСП обмежується широкосмуговим підсилювачем, якому можна підбудовувати. Максимальна частота квантування в приладі АЭ-109М обмежується умовами введення сигналів $W(\omega)$ у ПЕОМ через звукову карту.

Рис. 15.11. ілюструє роботу блока приладу АЭ-109М, що працює за цим принципом.

Функція $f(t)$ замінюється великою безліччю функцій, кожна з яких має дійсне значення $f(t)$ для "власного" моменту часу. Характер зміни сигналу, що реєструють за даним каналом, найбільш повно відбиває динаміку процесів зношування, безпосередньо пов'язану зі структурними перетвореннями в поверхневому шарі трібосистем.

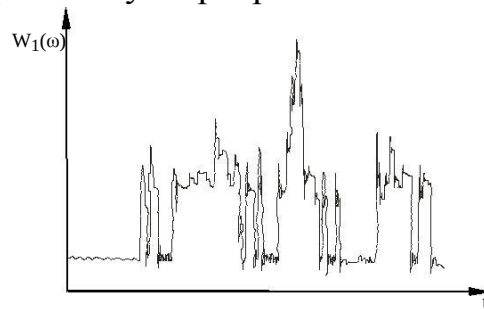


Рис. 15.11. Зміна спектральної потужності сигналів АЕ $W(\omega)$ за часом випробувань t при квантуванні за часом

З метою реєстрації подібного роду змін, сигнали акустичної емісії за цим каналом обмежуються по амплітуді рівнем, пов'язаним з роботою трібосистем машини тертя.

Інший шлях – квантування за рівнем – зводиться до заміни поточних значень безперервного сигналу кінцевою кількістю його рівнів. Показаний на рис. 15.12 сигнал $f(t)$, у результаті квантування замінюється східчастою функцією $\Psi[f(t)]$.

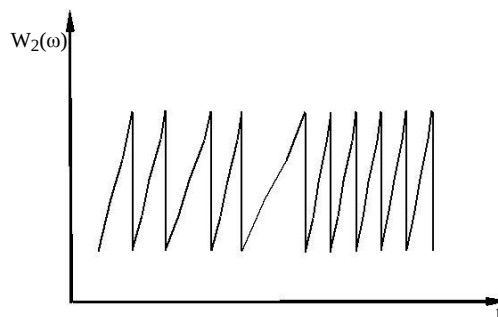


Рис. 15.12 Зміна спектральної потужності сигналів АЕ за часом випробувань t на знос при квантуванні за рівнем $W(\omega)$

Остання, як видно з рисунка, залежить від характеру сигналу, що квантується. Поки сигнал не зміниться на величину $\Delta f(t)$, перетворювач

фіксує попереднє значення його рівня. Тільки після досягнення сигналом нового рівня перетворювач фіксує цей рівень.

Якщо в інтервалі зміни часу від t до t_n величина сигналу досягає рівня квантування, то сигнал обнулюється і здійснюється наступний набір. Крок квантування фіксується і може змінюватися в залежності від інтенсивності наростання величини збільшень $f(t)$. Реєстрація функції $\Psi[f(t)]$ проводиться при фіксованій швидкості реєстрації. Ширина інтервалу часу $t + \Delta t$ від-повідно до виразу для визначення спектральної потужності (15.12) характеризує інтенсивність процесів поверхневого руйнування.

Рівень квантування відповідає фіксованій величині зносу $I_{кв}$.

Однією з головних умов реєстрації спектральної потужності по даному каналу є реєстрація сигналів, що відповідають за рівнем процесам поверхневого руйнування. Це обмеження реалізується блоком дискримінації сигналів акустичної емісії за амплітудою.

Аналізуючи певний цикл квантування сигналу спектральної потужності (рис. 15.12), слід зазначити, що тангенс кута між лінією набору квантового рівня і відрізком часу його набору характеризує інтенсивність зношування трібосистеми за час набору квантового рівня (тому що є відношенням величини сумарного зносу $I_{h\Sigma}$ трібосистеми за час роботи t до кількості набраних за цей же період квантових рівнів $z_{кв}$

$$I_{кв} = I_{h\Sigma} / z_{кв} . \quad (15.13)$$

Таким чином, маючи повний запис діаграми зміни спектральної потужності за час випробувань і значенням $I_{кв}$ можна з високою точністю визначати динаміку процесів зношування трібосистем на будь-якій ділянці його роботи і за весь період у цілому. Високочастотний широкосмуговий сигнал акустичної емісії, що реєструється при зношуванні трібосистем, перетворюється на низькочастотний зі збереженням у ньому статистичних характеристик.