

УДК 621.002

О.Л. Кайдик, В.Т. Михалевич

Луцький національний технічний університет

НАДІЙНІСТЬ ЗАСОБІВ АКТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТА ЇЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

Розглядаються основні характеристики надійності систем активного контролю, їх взаємозв'язок з технологічними системами управління точністю оброблення, визначено основні показники надійності, характерні для даного типу пристроїв, приводиться варіант схеми для комплексних експериментальних досліджень.

Ключові слова: *технологічна надійність, роботопридатність, напрацювання на відмову, похибка спрацювання, метрологічна характеристика, активний контроль.*

Засоби активного контролю, які використовуються на металорізальних верстатах у машинобудуванні, мають специфічне застосування та характеристики і часто оцінюються з різних позицій. Якщо узагальнити їх за призначенням, то це:

- високоточні засоби вимірювання або контролю лінійних розмірів;
- регулятори циклу управління верстатом або верстатним комплексом;
- елементи системи автоматичного "регулювання розміру" поверхні оброблення;
- верстатні пристрої, для забезпечення гарантованої точності виконання технологічної операції.

Відповідно, підхід до оцінки точності таких приладів та їх надійності є особливим і, базуючись на основних теоретичних принципах, має певну відмінність та відрізняється методами оцінки.

Роботопридатність і відмови систем активного контролю. Роботопридатність – стан системи, за якого вона здатна виконувати задані функції з параметрами, встановленими технічною документацією. Властивість системи активного контролю (САК) неперервно зберігати роботопридатність протягом деякого часу називається безвідмовністю.

Роботопридатність визначається сукупністю трьох умов:

- САК повинна безперебійно видавати попередні та кінцеві команди у кожному циклі оброблення;
- показники точності САК повинні знаходитись у нормованих межах;
- грубі похибки спрацювання, які визначаються нормативним документом як похибки спрацювання, що суттєво перевищують очікувану за заданих умов, під час роботи не допускаються.

Порушення безперебійності контролю називається відмовою функціонування. Критерієм такої відмови є припинення процесу контролю або видачі команд, викликані різного роду поломками та заклинюванням рухомих частин, обривами і короткими замиканнями в електричній схемі та іншими чинниками.

Порушення нормованих меж для показників точності називається відмовою за точністю контролю, або точнісною відмовою. Критерієм такої відмови є перевищення хоча б одним із встановлених показників точності нормованої для нього границі, викликане недотриманням умов експлуатації або технічного обслуговування, забрудненням або зношуванням базових поверхонь та рухомих частин тощо.

Поява грубої похибки спрацювання у черговому циклі теж є відмовою за точністю контролю. Така відмова, на відміну від відхилення від нормованих меж показників точності, називається викидом. Критерієм викиду є виникнення у черговому циклі похибки спрацювання, абсолютна величина якої перевищує 3σ (σ – середня квадратична похибка спрацювання). У відношенні до САК можна дати еквівалентне формулювання: критерієм викиду є вихід похибки САК у черговому циклі за границі інтервалу:

$$x_n(t) \pm 3\sigma,$$

1)

де $x_n(t)$ – значення рівня налагодження у даному циклі (див. рис. 1).

Причиною викидів є, як правило, збої у вузлах засобів активного контролю (ЗАК) під час передачі та перетворення вимірювальної інформації, викликані випадковим зростанням механічних навантажень, електричними завадами тощо.

Відмови САК класифікуються:

- за характером виникнення – поступові та раптові;
- за характером виявлення – явні та приховані;
- за характером прояву – стійкі та такі, що можуть самоусуватись.

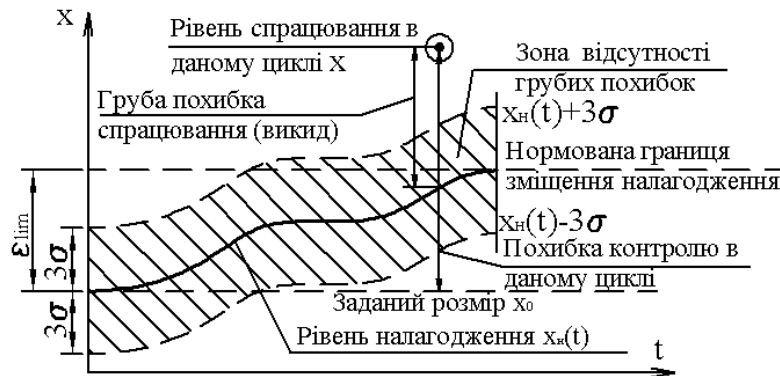


Рис.1. Розсіювання похибок контролю

Слід зазначити, що стійкі відмови усуваються шляхом регулювання або ремонту; несправності САК, усунення або попередження яких передбачено системою технічного обслуговування, наприклад, підналагодженням, відмовами не вважаються.

Відмови функціонування є стійкими та явними і можуть бути як раптовими, так і поступовими.

Точнісні відмови, як правило, є стійкими і прихованими та можуть бути як поступовими, так і раптовими.

Викиди є такими, що можуть самоусуватись, раптовими, прихованими відмовами.

Зв'язок безвідмовності САК з технологічною системою. Технологічною надійністю системи управління точністю оброблення, що включає верстат, інше технологічне обладнання та систему активного контролю, називають властивість зберігати у часі необхідну точність оброблення виробів. Відповідно, вихід розміру обробленого виробу за межі встановленого поля допуску називається технологічною відмовою.

Технологічна надійність системи автоматичного управління точністю оброблення (САУТО) залежить від безвідмовності ЗАК та всіх інших елементів системи. Ця залежність має складний характер, оскільки будь-яка відмова у САУТО не завжди має своїм наслідком технологічну відмову.

Відмови функціонування САУТО приводять, за наявності відповідного блокування в системі, до припинення оброблення, тобто, до відмови функціонування системи. У цьому випадку розмір виробу, обробленого у даному циклі, де сталась відмова функціонування САУТО, завідомо вийде за межі поля допуску. Така технологічна відмова є раптовою, явною та стійкою.

Точнісні відмови САУТО мають своїм наслідком поступові, приховані та стійкі технологічні відмови, які проявляються у вигляді збільшення поля розсіювання розмірів виробів або його зміщення відносно заданого поля допуску.

Груба похибка спрацювання у певному циклі (викид) може мати наслідком раптову, приховану відмову, що може самоусунутись, яка проявляється як вихід розміру виробу, обробленого у даному циклі, за межі поля допуску. Слід врахувати, що не всякий викид приводить до технологічної відмови, оскільки величина та знак грубої похибки можуть виявитись такими, що розмір виробу не вийде за межі поля допуску. Тому, за відсутності збоїв у виконавчих механізмах САУТО, інтенсивність раптових технологічних відмов, що можуть самоусунутись, менша, ніж

інтенсивність грубих похибок спрацювання.

Вибір показників надійності. Надійність, за стандартним визначенням, є комплексною властивістю, яка включає у себе не тільки безвідмовність, але й довговічність, ремонтпридатність та здатність довготривалого збереження технічних характеристик. Розрізняють одиничні показники надійності, які характеризують окремо кожну з перерахованих властивостей, та комплексні показники, які відносять відразу до декількох властивостей, які складають надійність об'єкта.

Технічні пристрої характеризуються за наступними ознаками: ремонтпридатність, обмеження тривалості експлуатації, часовий режим використання та домінуючий чинник у визначенні наслідків відмов. Вимірювальні системи активного контролю відносяться до групи, яка володіє наступними значеннями ознак:

- системи підлягають ремонту, роботопридатність після ремонту відновлюється повністю;
- експлуатуються до граничного стану;
- режим використання – циклічний регулярний;
- домінуючий чинник під час визначення наслідків відмов: для відмов функціонування – вимушені простої, що знижують продуктивність контролю, для точнісних відмов та викидів – факт наявності відмов, що знижують якість контролю.

Під граничним станом приймається такий стан системи, за якого її подальша експлуатація повинна бути припинена через зниження ефективності експлуатації нижче допустимої.

Рекомендованими показниками для оцінки надійності технічних пристроїв даної групи є:

- параметр потоку відмов (λ);
- ресурс (T_p);
- коефіцієнт готовності (K_T).

Параметр потоку відмов (λ) є показником безвідмовності. Для кожного виду відмов необхідно встановлювати окремий показник безвідмовності. У цьому випадку для стійких відмов зручно використовувати зворотню величину параметра потоку відмов, що має назву "напрацювання на відмову":

$$T = \frac{1}{\lambda}, \quad (2)$$

де величина T – відношення напрацювання до математичного очікування числа відмов протягом цього напрацювання; величину T приймають як середнє напрацювання між відмовами САУТО, що виражається у циклах контролю.

Для відмов, які можуть самоусунутись, (викидів) більш наглядним показником є параметр потоку відмов, який можна виразити у відсотках та назвати "відсоток викидів" або "відсоток грубих похибок спрацювання". Такий показник можна приймати як ймовірність викиду у даному циклі контролю (виражається у відсотках).

"Ресурс" (T_p) є показником довговічності нарівні з показником "строк служби" (T_{cl}). Для розрахунку ресурсу необхідно із календарного строку служби виключити усі простої пристрою з технічних та організаційних причин. Оскільки точний облік подібних пристроїв протягом декількох років досить складний, у якості показника довговічності САУТО використовують "середній строк служби" (T_{cl}).

Коефіцієнт готовності (K_T) – комплексний показник, який характеризує безвідмовність та ремонтпридатність САУТО:

$$K_T = \frac{T}{T_{\Sigma} + T_B}, \quad (3)$$

де T_{Σ} – сумарне напрацювання САУТО (в одиницях часу); T_B – сумарний час відновлення роботопридатності після стійких відмов за цей період.

Таким чином, K_T характеризує зниження продуктивності, викликані вимушеними простоями внаслідок стійких відмов. Все ж, простої САУТО можуть бути викликані не тільки відмовами, але й необхідністю проведення профілактичних робіт. Тому для САУТО необхідно вибирати та нормувати більш узагальнений комплексний показник – коефіцієнт технічного використання:

$$K_{me} = \frac{T_{\Sigma}}{T_{\Sigma} + T_B + T_{np}}, \quad (4)$$

де T_{Σ} та T_B – величини, які входять до складу виразу (3); T_{np} – сумарний час профілактичного обслуговування за той же період.

Таким чином, для вимірювальних систем активного контролю рекомендованим є наступний комплекс основних показників надійності:

- напрацювання на відмову функціонування (T_{ϕ});
- напрацювання на точістну відмову (T_m);
- процент викидів або процент грубих похибок спрацювання (λ);
- коефіцієнт технічного використання (K_{me});
- середній строк служби (T_{cl}).

З метою скорочення номенклатури та зручності практичного використання і нормування, допускається замінювати показники T_{ϕ} та T_m одним узагальненим показником – "напрацювання на відмову" (T). У даному випадку інтенсивність відмов рівна сумі інтенсивності відмов функціонування та точістних відмов:

$$\lambda_y = \lambda_{\phi} + \lambda_m, \quad (5)$$

з врахуванням виразу (2), отримаємо:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_{\phi}} + \frac{1}{T_m}; \quad (6)$$

$$T = \frac{T_{\phi} T_m}{T_{\phi} + T_m}. \quad (7)$$

Нормування показників надійності. Рекомендованим є нормування узагальненого показника – напрацювання на відмову, який визначається з виразу (7). З врахуванням досвіду експлуатації та стендових випробувань, проведеними на Челябінському інструментальному заводі, встановлюється три класи надійності САК:

- перший клас – напрацювання на відмову не менше 800 тис. циклів;
- другий клас – не менше 600 тис. циклів;
- третій клас – не менше 400 тис. циклів.

Клас надійності САК може визначатись за відсотком викидів або грубих похибок спрацювання, з врахуванням стендових та експлуатаційних випробувань (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація надійності САК

Клас надійності САК	Відсоток викидів λ , %	Середнє напрацювання на один викид $T_{\phi} = 1/\lambda$ циклів, не менше
1	менше 0,02	5000
2	0,02...0,10	1000
3	0,11...0,50	200

Рекомендованим є встановлення коефіцієнта технічного використання $K_{me} \geq 0,9$, але не менше коефіцієнта технічного використання обладнання, у складі якого працює САК.

Випробування систем активного контролю. За своїм характером дослідні випробування мають на меті визначення значень метрологічних характеристик та показників надійності з заданою точністю. Об'єм випробувань регламентується так, щоб відносна похибка значень показників, що визначаються, не перевищувала 20% з довірчою ймовірністю не нижче 0,8. Один з можливих варіантів схеми випробування систем активного контролю показана на рис.2.

Стенд діагностики включає комплекс контрольної та інформаційно-обчислювальної апаратури, яка забезпечує отримання, оброблення та збереження інформації, що характеризує роботу САК та інших вузлів САУТО і можливість порівняння їх між собою за часом та у функції

припуску, які знімається.

Найбільш важливими з цих параметрів є:

- припуск, який знімається з деталі та його поточне значення (ΔD);
- швидкість зняття припуску (V);
- час запізнення спрацювання команд САК;
- час виконання команд в САУТО;
- температурні деформації деталі, яка оброблюється ($V\Delta dt$);
- величина та швидкість переміщення шліфувальної бабки (s, V_s);
- зусилля (P_y) та потужність шліфування ($N_{шл}$);
- пружні деформації системи САУТО;
- швидкість обертання деталі (n);
- вібрації, які виникають у зоні різання.

Крім наведених показників, які по суті є метрологічними характеристиками систем активного контролю, які повністю визначають можливість та момент виникнення функціональних відмов, на стенді діагностики виконується пряма оцінка показників надійності – відсоток грубих похибок контролю (викидів) та напрацювання на відмову.

1. Волосов С.С., Педь Е.И. Приборы для автоматического контроля в машиностроении. – М.: "Машиностроение", 1970 – 310 с.

2. Сорочкин Б.М. Автоматизация измерений и контроля размеров деталей. – Л.: "Машиностроение". Ленингр. отд-ние, 1990. – 365 с.

3. Точность и надежность систем измерительных активного контроля. Номенклатура показателей, методы и средства испытаний РТМ2-034-03-78. – М.: НИИмаш, 1979. – 46 с.

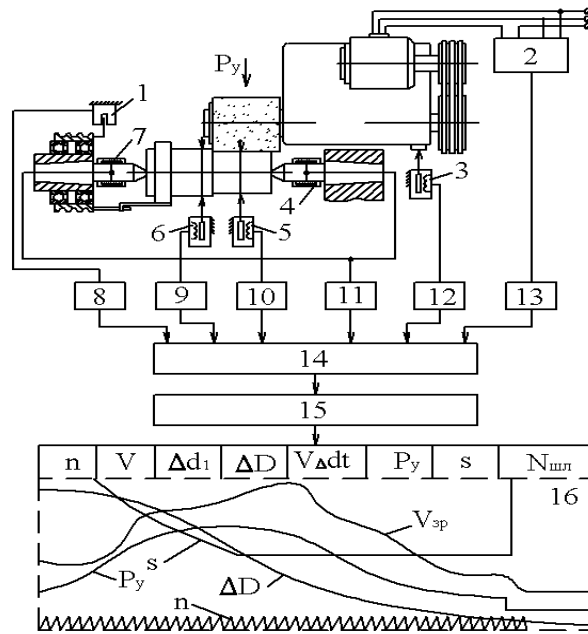


Рис.2. Схема контролю параметрів процесу шліфування:

1 – датчик частоти обертання виробу; 2 – датчик потужності шліфування; 3 – датчик переміщення шліфувальної бабки; 4 та 7 – тензометричні центри; 5 – перетворювач розміру деталі; 6 – датчик температурної деформації деталі; 8 – перетворювач швидкості обертання деталі; 9, 10 та 11 – прилади активного контролю; 12 – тензометричний підсилювач; 13 – підсилювач сигналу потужності; 14 – пристрій узгодження (модем); 15 – ЕОМ (персональний комп'ютер); 16 – дисплей