

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ

Для повышения надежности и эффективности работы гидроимпульсного привода используют методы технической диагностики. Главной задачей технической диагностики является нахождение на начальных стадиях дефектов и отказов технологического оборудования, которое обеспечивает предупреждение или прекращение их последующего развития, что исключает возможность аварии и остановки технологического оборудования. Рассмотрены общие принципы повышения надёжности и эффективности диагностирования оборудования.

For the increase of reliability and efficiency of work of hidrodrive utilize the methods of technical diagnostics. The main task of technical diagnostics is finding on the initial stages of defects and refuses of technological equipment which provides warning or stopping them subsequent development. Thus eliminates possibility of failure and stop of technological equipment. The technical diagnosticting is given by possibility of receipt, treatment and analysis of information at a decision-making from the technical state of GIP.

Вступ

Однією з головних вимог, що пред'являються до будь-якого технологічного обладнання з гідроімпульсним приводом (ГІП), є його надійність та ефективність. Для забезпечення надійності гідроімпульсного привода, як складової технічного обладнання, при експлуатації використовують методи технічної діагностики. Головною задачею технічної діагностики є знаходження на початкових стадіях дефектів та відмов технологічного обладнання, що забезпечує попередження або припинення їхнього подальшого розвитку, що виключає можливість виникнення аварії чи його зупинки. Технічне діагностування надає можливість отримання, обробки та аналізу інформації при прийнятті рішення щодо технічного стану обладнання ГІП. Крім цього, діагностування дозволяє отримувати додаткову інформацію, яка є необхідною для оптимального регулювання режимів його роботи [1,3]. Для визначення працездатності технологічного обладнання з ГІП за допомогою засобів технічного діагностування, необхідно вирішити декілька питань:

- що і яким чином перевіряти;
- які засоби та методи слід для цього використовувати.

З зазначеного вище можна зробити висновок, що технічне діагностування зводиться до аналізу станів технологічного обладнання, а саме його привода, вибору перевірок і розробки технічних засобів для їх здійснення з врахуванням умови режимів роботи ГІП.

Постановка завдання

Підвищення надійності технологічного обладнання забезпечується різноманітними шляхами, зокрема: покращенням конструкції (наприклад, скороченням довгих кінематичних ланцюгів); обкаткою і випробуванням вузлів на тривалому відрізку часу; покращенням матеріалів і підвищенням точності обробки і складання; нанесенням по-

криттів і зміцненням робочих поверхонь деталей виробів; інтенсивним змащенням; резервуванням елементів системи управління; автоматизованою заміною і переналагодженням обладнання; компенсацією теплових деформувань; автоматизованим введенням корекції до програмного забезпечення; своєчасним профілактичним обслуговуванням та виконанням ремонтних робіт. Таким чином, шляхи підвищення надійності та ефективності технологічного обладнання можна представити у вигляді конструкторських, технологічних рішень та покращення умов експлуатації (таблиця 1). Для правильного вибору методів та засобів підвищення надійності та ефективності необхідні тривалі дослідження та розробки (сучасних) автоматизованих систем контролю (на першому етапі життєвого циклу) і діагностування (на другому етапі).

Прогрес, який відбувається в останнє десятиріччя в галузі розвитку сучасних технологій дозволяє розробити та використовувати достатньо розвинуті багаторівневі контрольно-діагностичні системи.

На сьогоднішній день задачі контролю та методи діагностування обладнання на різних етапах його роботи мають неоднаковий зміст.

Розглянемо основні етапи використання та дослідження обладнання:

1. Перевірка працездатності обладнання перед початком роботи: тестова перевірка системи управління зв'язку; перевірка правильного функціонування обладнання; параметричний контроль кінематичних і динамічних характеристик з метою перевірки працездатності та попередження аварій.

2. Під час роботи обладнання: параметричне діагностування інструменту та призначення раціональної періодичності його заміни, перевірка точності установки; ідентифікація, перевірка правильності базування заготовок, розрахунок кількості переходів; перевірка циклограм ча-

сових інтервалів, облік оброблених деталей, визначення продуктивності; періодичне діагностування інформаційно-розрахункової системи за допомогою програмно-апаратних засобів; періодична перевірка системи адаптації зворотних зв'язків; контроль якості продукції і використання результатів для діагностування обладнання і прогнозування відмов; діагностування обладнання та прогнозування відмов; контроль за станом навколишнього середовища; блокування обладнання при аварійних ситуаціях і при випуску браку; фіксація і систематизація відмов, розрахунок параметрів надійності та ефективності.

3. При виконанні профілактичних і ремонтних робіт: методи проведення профілактичних робіт за допомогою відповідних приладів; перевірка якості ремонту; поглиблене діагностування за кінематичним, динамічним (у тому числі й віброакустичним) і точковими параметрами.

4. За необхідності або за регламентом: корекція (корегування) програмного забезпечення; прогнозування відмов за результатами перевірок обладнання та контролю продукції; уточнення складу та трудомісткості профілактичних і ремонтних робіт з використанням бази даних [2].

Одним із найскладніших і трудомістких підготовчих етапів контролю діагностування є оцінювання параметрів механізмів, визначення граничних величин, що характеризують процедурний стан. Для цього застосовуються розрахунково-експлуатаційні методи, методи математичного моделювання, кваліметричні методи вибору експериментально визначених параметрів і синтезу комплексних характеристик, що дозволяють об'єднувати результати випробувань і досліджень механізмів і прогнозувати зміну їх технічного стану. Основною характеристикою, яка відрізняє кваліметричні методи оцінювання якості технологічного обладнання, є об'єднання методів дослідження технологічних систем зі статичними та динамічними методами випробувань обладнання. Високі вимоги до технологічного обладнання в умовах автоматизації виробництва потребують особливої розробки та впровадження нових сучасних конструкцій з метою підвищення технологічної надійності та ефективності.

Розробка питань щодо технологічної надійності та ефективності технічного обладнання з ГПП включає: точність обробки з виділенням основних видів похибок і обставин, які їх викликають; основні фактори, що знижують продуктивність; жорсткість технологічної системи й окремих вузлів обладнання; знос і стійкість інструменту з метою визначення впливу на нього умов обробки, покращення порядку його заміни і зменшення витрат часу; точність встановлення робочих органів, швидкість і прискорення; кінематичну точність механізмів; характер зміни зусиль при обробці металу та при різноманітних наладах; вібрації та вібростійкості; температури, температурні поля і теплові впливи; взаємодію механізмів технологічного обладнання; динамічні навантаження на гідропривод; нерівномірності обертання валу; вплив сил тертя; обставини порушення контакту поверхонь; зношення деталей і його впливу на величину і характер змін динамічних навантажень на привод.

Таблиця 1 — Підвищення надійності та ефективності технологічного обладнання

Конструкторські рішення	Технологічні рішення	Покращення експлуатації
Спрощення кінематики	Покращення технологічного процесу виготовлення	Контроль і діагностування при встановленні обладнання
Оптимізація параметрів за допомогою математичного моделювання	Обкатка за критеріями якості, а не за часом	Автоматизація досліджень методики контролю і діагностики при експлуатації і ремонті
Адаптація системи управління	Тренінг	Навчання персоналу для визначення помилок і ведення документів
Покращення контролю і ремонтпридатності вбудованих систем технічної діагностики	Регулювання за динамічними параметрами	Розробка регламенту контрольно-діагностичних робіт за допомогою математичних моделей
Кваліметричні методи оцінювання якості та технічного рівня	Розробка рекомендацій за технологічними режимами експлуатації	Навчання персоналу визначення помилок і веденню документів
Автоматизовані комплексні ресурсні дослідження зразків	Автоматизований контроль і діагностика при складанні обладнання	Підвищення технологічної надійності
Покращення діагностичної документації	Автоматизований контроль і діагностика	Автоматизований контроль і діагностика

Тому необхідно об'єднувати лабораторні, експлуатаційні та теоретичні випробування і дослідження. Слід зазначити, що дослідження технологічного обладнання проводиться протягом всього життєвого циклу, а саме на етапах розробки, проектування, експлуатації. На етапі розробки визначають основні фактори, які впливають на продуктивність обладнання та якість виконання технологічного процесу. На етапі проектування надаються всі фактори обробки експериментальних даних, математичних моделей, методики. А в процесі експлуатації повинні бути вирішені три основні завдання:

1) Одержання даних для розрахунку всіх частин технологічного обладнання, технологічного процесу та їхнього удосконалення.

2) Здійснення технологічних операцій контролю якості та регулювання обладнання, аналіз його технічного стану, браку та відмов.

3) Розробка рекомендацій щодо покращення конструкцій вузлів, системи управління, технології, умов експлуатації.

Велике значення для підвищення надійності та ефективності прогнозування має використання автоматизованих діагностичних стендів, що дозволяють значно розширити обсяг досліджень і надати достовірну інформацію.

Відомо, що підвищення ефективності експлуатації технічного обладнання пов'язане з необхідністю оцінювання їх надійності. Тому особлива увага приділяється контролю працездатності (рисунок 1). Контроль працездатності технічного обладнання проводиться за програмами та методиками, які реалізують різноманітні види досліджень, та полягає у діагностуванні його стану в фіксовані моменти часу. Через складність традиційних методів складання програм, методик випробування та діагностичних текстів процес контролю стає більш трудомістким.



Рисунок 1 — Дослідження технологічного обладнання

Для сучасних технічних виробів і систем підвищення оперативності вибору оптимального плану контролю, перегляд різноманітних статистик і управління їх аналізом стає актуальною задачею, вирішення якої забезпечується використанням математичного та технічного забезпечення. При цьому математична модель має бути зорієнтована на стохастичну природу об'єктів контролю, взаємозв'язок різноманітних економічних і технічних характерис-

тик, можливість автономних і комплексних випробувань, а також можливість вирішення її за допомогою ЕОМ.

Технічна система (а саме технологічне обладнання з ГПП) розглядається як об'єкт контролю і є сукупністю складових елементів, об'єднаних між собою функціональними зв'язками. Кожний із елементів системи може знаходитися в одному з двох можливих станів: працездатності і непрацездатності. Контроль технічної системи визначається спеціально організованим процесом управління. Його метою є встановлення відповідностей станів всіх елементів визначеному регламенту на всіх етапах "життєвого циклу", що дає можливість завдання випробувань і діагностики розглядати у взаємозв'язку. З урахуванням цього об'єднання і будується математична модель контрольних випробувань системи.

Загальні принципи надійності та діагностування гідроімпульсних приводів

Основні вимоги до надійності та ефективності гідроімпульсних приводів вібраційного обладнання пов'язано з умовами експлуатації останнього.

На надійність гідроімпульсних приводів впливає низка факторів: особливості конструктивного виконання приводів, а саме ступінь резервування, можливість регулювання, зручність обслуговування та заміни елементів, стаціонарність, мобільність тощо; параметри середовища, в якому працює привод: температура, забрудненість, вологість; режими роботи: частота вмикань, потужність, робочий тиск; організаційно-експлуатаційні умови, до числа яких відноситься й прийнята стратегія технічного обслуговування і ремонту; кваліфікація обслуговуючого персоналу.

Як було зазначено, ефективним шляхом забезпечення надійності гідроімпульсного привода при експлуатації є використання методів технічної діагностики, що надає можливість отримання, обробки та аналізу інформації при прийнятті рішення про технічний стан гідроімпульсного привода. У залежності від засобу отримання інформації про технічний стан технологічного обладнання з гідроімпульсним приводом розрізняють:

- тестове діагностування, при якому на вхід ГПП подаються спеціальні (тестові) сигнали і за реакцією на них ГПП оцінюється його технічний стан;
- функціональне діагностування, при якому дії, що впливають на вхід гідроімпульсного привода, задаються алгоритмом функціонування самого привода, а технічний стан визначається функціональними параметрами (тиском, ККД, подачею, частотою обертання тощо);
- віброакустичне діагностування, яке укладається у визначення технічного стану за супутними ознаками помилок (вібрація механічних елементів, шум, спектр коливань параметра).

Слід зазначити, що тестове та віброакустичне діагностування використовують для оцінки технічного стану окремих гідроагрегатів при використанні діагностичних стендів. Контролювання вихідних параметрів ГПП на відповідність технічним умовам здійснюється при перевірці систем керування гідроприводами. Функціональ-

не діагностування використовується найчастіше для визначення технічного стану ГПП як системи при різних експлуатаційних режимах роботи, при плановому технічному обслуговуванні або після виконання ремонтних робіт.

Будь-який стан ГПП характеризується визначеною сукупністю ознак та параметрів. Для встановлення ознак технічного стану використовують діагностичні моделі, аналітичний та графоаналітичний опис представлення властивостей об'єкта діагностування, що дозволяє віднести його стан до працездатного або непрацездатного стану. В залежності від мети та виду технічного діагностування використовуються різні діагностичні моделі, основною з яких є аналітична структурно-функціональна модель [3].

В системах приводів вібраційних та віброударних машин різного технологічного призначення широко використовується гідроімпульсний привод. Здебільш цей привод виконує функції привода головного руху, але в залежності від вимог виробництва може використовуватися в приводі подачі та приводі допоміжних рухів (допоміжних приладів). Слід зазначити, що всі гідроімпульсні приводи мають однакову структуру, зображену на рисунку 2.



ДЕ — джерело енергії, CE — споживач енергії, KPPA- контрольно-розподільча та регулювальна апаратура, B3 — віброзбуджувач.

Рисунок 2 — Загальна структурна схема гідроімпульсного привода

Вони складаються з джерела енергії — ДЕ у вигляді насосної станції та споживача енергії — CE або робочого органу у вигляді двигуна. Передачу енергії забезпечує енергоносіє — робоча рідина, що рухається від джерела до споживача з'єднувальними гідролініями, до яких підключено контрольно-розподільчу та регулювальну апаратуру KPPA (допоміжні клапани, розподільники, манометри тощо). Особливістю гідроімпульсного привода є використання спеціальної гідроапаратури B3 — віброзбуджувачів (генераторів імпульсів тиску, клапанів-пульсаторів). Споживач енергії у гідроімпульсному приводі — двигун за своєю сутністю є перетворювачем енергії в механічну роботу. За видом руху розрізняються двигуни для отримання поступальних рухів, обертальних та качальних (обернених) рухів.

Двигуни поступальних рухів — це гідроциліндри, двигуни обертальних рухів — гідромотори, для здійснення качальних рухів використовуються неповоротні гідроциліндри або спеціальні циліндри з механічними передачами.

KPPA гідроприводів є сукупністю пристроїв, що забезпечує налагодження необхідних за умовами роботи характеристик та параметрів самих приводів, а також відповідає за надійну та довготривалу їх роботу в цілому (розподільники, запобіжні та дозуючі клапани, манометри, регулятори витрат тощо).

На відміну від звичайного гідропривода, у структурі гідроімпульсного привода використовується спеціальний розподільувач енергії — віброзбуджувач (B3). Останній забезпечує періодичне дозоване підведення енергії до CE,

або навпаки — періодичне відведення енергії від CE. Це забезпечує відповідні періодичні рухи робочого органу CE, що є характерним для вібраційних та віброударних машин. B3 в структурі гідроімпульсного привода безпосередньо зв'язаний з CE. Розрізняють зв'язок CE та B3 за схемою підключення останнього відповідно “на вході” та “на виході” об'єкта. Деякою мірою B3 можна віднести до KPPA, але враховуючи особливості конструкції та експлуатації, що впливають на ефективність і надійність роботи гідроімпульсного привода безпосередньо, цей структурний елемент необхідно розглядати окремо.

Для забезпечення виконання гідроімпульсним приводом його службового призначення необхідно ним керувати. Відповідно керування може бути ручним, автоматизованим або автоматичним, але сам процес керування стає можливим лише при наявності відповідної розімкнутої або замкнутої системи керування, що складається із сукупності керуючих пристроїв та форм організації процесу керування.

Таким чином, роботу гідроімпульсного привода з пристроями його керування можна представити комплексом з умовною назвою «гідроімпульсна система», структурну схему якого показано на рисунку 3.



Рисунок 3 — Структурна схема гідроімпульсної системи.

Для якості енергозабезпечуючої підсистеми зручніше використовувати стандартні або нормалізовані насосні станції з насосами відповідної потужності, оснащені пристроями очищення, контролю, запобіжними пристроями та рекуперативними водяними теплообмінниками.

Виконавча підсистема складається з пристроїв, що споживають енергію. По своїй суті це гідродвигуни, які в залежності від функціонального призначення діляться на двигуни поступального (гідроциліндри) та зворотно-обертального рухів (неповноповоротні гідроциліндри). Для вібраційних та віброударних машин з гідроімпульсним приводом зазвичай використовують плунжерні гідроциліндри, в яких поступальний рух є короткоходовим, а зворотний рух забезпечують пружні елементи. Надійність роботи споживача енергії в значній мірі залежить від працездатності цих пружних елементів при циклічному навантаженні.

Направляюча підсистема може використовувати усі типи відомих гідророзподільників, зворотних клапанів, гідрозамків, що випускаються за відповідними стандартами або нормами вітчизняних і зарубіжних виробників. Також складові елементи направляючої підсистеми можуть виготовлятися за індивідуальними замовленнями в технічних завданнях, до яких враховані умови експлуатації вібраційних та віброударних машин.

У регулюючу підсистему гідроімпульсної системи виділяються лише пристрої регулювання витрат енергоносія, до яких відносяться відомі гідравлічні дроселі: гольчасті й щілинні та пристрої на їх основі.

До складу інформаційної підсистеми входить контрольно-вимірювальна апаратура, що містить прилади, які вимірюють тиск робочого середовища енергоносія, його витрати, температуру та інші параметри, що характеризують безпосередньо роботу технологічного обладнання. Зокрема частоту робочих ходів виконавчої ланки споживача енергії, її амплітуду, рівень шуму тощо.

Логічно-обчислювальна підсистема гідроімпульсної системи привода технологічного обладнання є фактично системою керування, яка забезпечує виконання робочими ланками двигуна (СЕ) конкретних задач для досягнення поставленої мети. Ця система являє собою сукупність керуючих апаратів та пристроїв, в якості яких можуть бути використані прилади, що використовують будь-який енергоносіє. Від ступеня участі людини в системах керування вони відповідно можуть бути ручні, напівавтоматичні та автоматичні.

Слід відзначити, що в технологічному обладнанні з гідроімпульсним приводом використовуються здебільшого ручні та напівавтоматичні системи керування. Є приклади використання автоматичних систем керування обладнанням з гідроімпульсним приводом, що зазвичай використовуються на підприємствах із шкідливими для здоров'я людини факторами.

Крім того, на роботу будь-якої системи керування впливають різноманітні фізичні фактори, які можна підрозділити на: задавальні, керуючі та збурювальні. Виходячи з вищевказаного, систему керування доцільно розглядати як складову ряду груп елементів: вхідних, передачі інформації та вихідних. Вхідні елементи призначені для введення в систему керування зовнішніх впливів (вхідних сигналів), а також інформації про стан і положення виконавчих ланок СЕ (механізмів привода та його двигунів) та про стан параметрів, що контролюють процеси.

Для передачі інформації використовуються логічні елементи, що забезпечують рішення різних логічних функцій, необхідних для отримання заданого закону та порядку руху виконавчих ланок СЕ. Група елементів вихідних пристроїв, що призначена для керування виконавчими двигунами, несе інформацію про стан роботи самої системи керування. Технічний стан гідроімпульсного привода будь-якої технологічної машини, оцінюється за допомогою тестового, функціонального та віброакустичного діагностування. Забезпечує цей процес діагностична підсистема гідроімпульсної системи. Під час роботи гідроімпульсного привода можливе виникнення низки несправ-

ностей. По-перше, це можуть бути похибки в роботі проектувальників, розробників, експлуатаційників. По-друге, відмови у роботі привода можуть бути пов'язані з виготовленням та складанням комплектуючих вузлів привода. По-третє, — похибки у роботі привода можуть бути пов'язаними із впливом зовнішніх факторів, розрахункові значення яких приймаються заниженими під час проектування, а також можуть бути викликані причинами природного старіння матеріалів та їх зношуванням.

Усі вищезгадані методи діагностування застосовуються для визначення технічного стану гідроімпульсної системи. Тестове діагностування дозволяє перевірити стан привода набором спеціальних команд — вхідних сигналів з відповідності його реакції на ці команди. Оцінка стану гідросистеми за її функціональними параметрами (тиском, витратами, частотою спрацьовування віброзбуджувача та ін.) відповідає методу функціонального діагностування гідроімпульсної системи. А віброакустичний метод діагностування дозволяє оцінювати стан механічної системи за допомогою зовнішніх ознак несправностей (сторонніми вібраціями, шумами та ін.). Тестове та віброакустичне діагностування проводять для аналізу технічного стану елементів гідроімпульсної системи, а в цілому останню перевіряють методом функціонального діагностування [2, 4].

Висновок

Задачі технічного діагностування можуть бути різноманітними, тому відрізняються частота і моменти отримання даних при різних вимірюваннях. Основне призначення діагностування полягає в тому, щоб або підготувати об'єкт до використання, або залишити його в безвідмовному стані, тобто у такому стані, в якому він у будь-який момент у заданому інтервалі із заданою імовірністю і певною якістю виконає поставлену перед ним задачу. Вбудовані системи діагностування складають одне ціле з технологічним обладнанням і дозволяють отримувати інформацію про технічний стан гідроімпульсного привода безперервно у будь-які дискретні моменти часу.

Література

1. Веселовська, Н.Р. Методика розробки інформаційної моделі технологічної підготовки процесу переробного виробництва в АПК/ Н.Р. Веселовська, О.В. Зелінська // Наукові праці ВДАУ, серія «Технічні науки». — №1. 2006. — С. 181—186.
2. Пархоменко, П.П. Основы технической диагностики / П.П. Пархоменко, Е.С. Согомонян. — М.: Энергия, 1981. — 320 с.
3. Струтинський, В.Б. Автоматизація проектування технологічних процесів та систем// В.Б. Струтинський, Н.Р. Веселовська, О.В. Зелінська. Вібрації в техніці та технологіях. — №3(52). — С. 22—29.
4. Вірник, М.М. Вібраційні та віброударні процеси і машини у ливарному виробництві/Вірник, М.М., Іскович-Лотоцький Р.Д., Веселовська Н.Р. — Вінниця. — Монографія. — 2007. — 198 с.

Надійшла 31.01.2012 р.