

Метрологія та вимірювальна техніка

УДК 623.004.67

А.М. Науменко, Ю.І. Кушнерук, А.О. Самойличева

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОЦІНКИ ТА КОНТРОЛЮ НАДІЙНОСТІ ДАТЧИКІВ

Аналізуються питання дослідження точності моделей надійності при проектуванні датчиків, виходячи з аналізу кількісної оцінки ймовірності безвідмовного функціонування, як окремо взятого датчика, так і певної сукупності апаратури з датчиками, що забезпечує роботу виробу.

Ключові слова: ймовірність, датчик, надійність, модель.

Вступ

Постановка задачі. Методи випробувань, які дозволяються додатковим контролем якості, повинні спиратися на результати вивчення фізичних і хімічних процесів деградації параметрів датчиків під час експлуатації.

Особливості конструкції датчика та умови його роботи на об'єкті застосування можуть прискорити одні й уповільнити інші деградаційні процеси. Вкрай важливо вивчити особливості експлуатації датчиків відповідального застосування саме в тих умовах, для яких гарантується (з обговореною ймовірністю) збереження метрологічної справності протягом встановленого терміну.

Завдяки чому виникає необхідність у стійкому технологічному процесі виготовлення датчиків як елементів інформаційно-вимірювальних систем. Таким чином оцінювання за абсолютним значенням і динамікою зміни похибки датчика на основі моделювання процесів виготовлення та експлуатації останніх є важливою науково-прикладною задачею.

Аналіз літератури. В відомій літературі [1 – 8] розглядаються питання дослідження точності моделей надійності при проектуванні датчиків взагалі, але в цій літературі не визначаються питання надійності.

Виходячи з аналізу кількісної оцінки ймовірності безвідмовного функціонування, як окремо взятого датчика, так і певної сукупності апаратури, що забезпечує роботу виробу дослідженням характеристик калометричних вимірювачів витрати рідини.

Метою статті є оцінка точності моделей надійності при проектуванні датчиків за абсолютним

значенням і динамікою зміни похибки датчика на основі моделювання процесів виготовлення та експлуатації останніх.

Основний матеріал

Систему менеджменту якості приладобудельних підприємств можна ідентифікувати як систему управління якістю виробів, що розробляються і виготовляються.

У сукупності властивостей, що визначають якість датчиків, тільки стабільність метрологічних характеристик в умовах застосування дозволяє судити про можливість експлуатації датчика без обслуговування протягом тривалого часу. Названа властивість може бути оцінена кількісно, причому значення цієї оцінки важливо для споживача.

Промисловий випуск датчиків, що відрізняються достатньою стабільністю метрологічних характеристик протягом багатьох років, вимагає значних зусиль.

У зв'язку з цим система менеджменту (у спеціальних випадках - програма забезпечення) якості виробництва високонадійних датчиків, крім рішення традиційних завдань, повинна бути орієнтована на досягненні стабільності метрологічних характеристик на заданому багаторічному інтервалі.

Створення такої системи менеджменту якості - завдання нетривіальне. Якість закладається на початковому етапі життєвого циклу продукції, так при розробці створюють бездефектний технологічний процес.

Зрозуміло, що безпосередньо виміряти у виготовленого датчика інтервал часу, впродовж якого даний зразок із заданою ймовірністю буде метрологічно справний в процесі експлуатації, на сьогодні

не реально. Потрібну метрологічну надійність конкurentоспроможних датчиків відповідального застосування, що освоюються у виробництві, повинна забезпечити система якості підприємства, що реалізує вимоги ГОСТ Р ISO 9001.

Наявність системи менеджменту якості, котра відповідає вимогам ГОСТ Р ISO 9001 і ГОСТ РВ 15.002, є необхідною умовою отримання підприємством ліцензії на розробку і виробництво озброєння і військової техніки.

Ліцензування виготовлення датчиків, призначених для використання в засобах оборонного призначення, цього не має на увазі.

Однак тільки ефективно діюча система менеджменту якості приладобудівного підприємства здатна гарантувати (з достатньо високим ступенем достовірності) відповідність для всього обсягу продукції характеристик виробів, що випускаються характеристикам, які встановлені в технічних умовах. Необхідно підкреслити, що створення такої системи якості можливо тільки при ретельній розробці всіх необхідних процедур.

Якщо почати пошук нових рішень з процесу виробництва, то за базовим принципом менеджменту якості - орієнтації на споживача - потрібно:

- встановити в технічних умовах на вироби, що виготовляються, багаторічний термін експлуатації без обслуговування (при збереженні метрологічних характеристик у встановлених межах);

- внести зміни та доповнення до системи менеджменту якості підприємства-виготовлювача, що стосуються отримання та аналізу даних, необхідних "в рамках процесного підходу" для досягнення необхідної стабільності метрологічних характеристик.

Для цієї вимоги до вимірюваних параметрів, що характеризують якість технологічних операцій і властивостей використовуваних матеріалів, треба унормувати з урахуванням заданого значення міжкалібровочного інтервалу і контролювати виконання цих вимог.

У рамках сертифікації системи менеджменту якості необхідно підтвердити, що технологічний процес, що здійснюється у відповідності до затвердженої документації, забезпечує виготовлення виробів потрібної якості, включаючи виконання вимог до стабільності метрологічних характеристик.

Це підтвердження слід розглядати як валідацію технологічного процесу виробництва.

При проведенні валідації необхідно розробити заходи по цьому процесу, включаючи:

а) певні критерії для аналізу і затвердження процесу;

б) затвердження відповідного устаткування та кваліфікації персоналу;

в) застосування конкретних методів і процедур.

Іншими словами, крім традиційного контролю якості виробничого процесу, необхідно розробити (і включити в систему менеджменту якості підприємства) критерії і методи додаткового контролю технології на відповідність новим вимогам споживача. У нашому випадку мова йде про вимоги до стабільності метрологічних характеристик протягом багаторічного інтервалу часу.

В рамках гіпотези про поступовість настання відмов, розглянемо запропонований підхід до розробки критеріїв і методів додаткового контролю якості датчиків, призначених для багаторічної експлуатації без обслуговування.

При цьому, враховуючи, що крім поступових відмов можуть виникати і раптові, додатковий контроль якості не знімає актуальності створення інтелектуальних датчиків з метрологічним самоконтролем, що засновані на дослідження точності моделей надійності.

Питання дослідження точності моделей надійності можна розглядати виходячи з аналізу кількісної оцінки P ймовірності безвідмовного функціонування P як окремо взятого датчика, так і певної сукупності апаратури, що забезпечує роботу виробу.

При цьому величина точкової оцінки P залежить від конкретних значень P_i , ($i = 1, K$; K – кількість розглянутих вузлів та елементів датчика, розрахункових випадків, умов безвідмовності, контрольних точок на підконтрольних ділянках і т.і.). Базуючись на декомпозиційному підході, необхідні викладки можна провести на прикладі аналізу механічної складової ймовірності P безвідмовного функціонування від окремо взятого датчика.

Розглянемо його "найслабший" вузол, а в ньому підконтрольну ділянку довжиною L й контрольні точки N на цій ділянці.

Математично ймовірність P безвідмовного функціонування датчика можна представити як векторну величину:

$$P(L) = (p_j(L_j)), \quad (1)$$

де $p_j(L_j)$ – ймовірності того, що граничний стан виробу при його функціонуванні в j -й контрольній точці ($j = 1, N$; N – кількість контрольних точок) на підконтрольній ділянці довжиною L не настане.

Поточне значення ймовірності $P(L)$ безвідмовного функціонування датчика можна пов'язати з деякими визначальними параметрами z_{ij} співвідношеннями виду:

$$p_j(L_j) = \Phi(z_{ij}), \quad (2)$$

де $i = 1, M$, M – кількість параметрів; $j = 1, N$; N – кількість контрольних точок, в яких обчислюються відповідні ймовірності $P_j(L_j)$.

Ці співвідношення в багатьох практичних ситуаціях є нелінійними в робочих діапазонах зміни ймовірностей $P_j(L_j)$.

Тому найбільш ефективний метод усереднення ймовірностей можна звести до розрахунку значень в j -х контрольних точках L_j знаходження оцінки середнього значення.

Кількість контрольних точок на j -й наведеній (нормованій) контрольній ділянці довжиною L будемо визначати за допомогою операторів \mathfrak{J}_j – операторів відповідного безперервного і дискретного усереднення.

В цьому випадку похибка дискретного усереднення δ з'являється за результатом застосування оператора \mathfrak{J}_j до відповідних функцій.

Після здійснення розкладу в ряд Тейлора цих функцій в межах середньої точки на інтервалі $[0,1]$ приводимо оператор \mathfrak{J}_j до лінійної форми з необхідним рівнем похибки δ . При цьому визначальним є перший доданок розкладання, тобто його будемо використовувати як оцінку першого наближення для похибки δ .

Другий та наступні доданки будемо використовувати для визначення необхідної точності цієї оцінки – δ_1 .

Похибки δ і δ_1 є випадковими величинами з нульовими математичними очікуваннями. Точність дискретного представлення при усередненні ймовірності P можна оцінити квадратом середньоквадратичної похибки:

Висновки

1. В статті розглянуто питання оцінки точності моделей, які використовуються в задачах

дослідження, оцінки і контролю надійності апаратури на характерних стадіях їх створення та виробництва.

2. Оцінка стійкості технологічного процесу може бути дана на основі інформації про динаміку зміни похибки. Для отримання цієї інформації необхідно передбачити вплив циклами величин, що впливають, контролюючи їх наслідки після кожного циклу або малої групи циклів.

3. Конкретні критерії, методи та процедури випробувань на стійкість процесу індивідуальні для кожного типу виготовляємих датчиків. Проте завдання, що вирішуються за допомогою цих випробувань, від типу датчика не залежать.

Список літератури

1. Поліщук Е.С. Вимірювальні перетворювачі / Е.С. Поліщук. – К.: Вища школа, 2003. – 224 с.
2. Фарсане Н.Г. Технологічні виміри й прилади / Н.Г. Фарсане, Л.В. Іллясов. – К.: Вища школа, 1999. – 340 с.
3. Левшина Е.С. Электрические измерения физических величин (измерительные преобразователи): Учеб. пособие для вузов / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 320 с.
4. Фарсане Н.Г. Технологічні виміри й прилади / Н.Г. Фарсане, Л.В. Іллясов. – К.: Вища школа, 1999. – 340 с.
5. Кончаловский В.Ю. Цифровые измерительные устройства / В.Ю. Кончаловский. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 215 с.
6. Чинков В.Н. Цифровые измерительные приборы / В.Н. Чинков. – МО, 1991. – 245 с.
7. Шлядин В.М. Цифровые измерительные устройства / В.М. Шлядин. – М.: Высш. школа, 1981. – 254 с.
8. Чинков В.М. Основы метрологии та вимірювальної техніки / В.М. Чинков. – Х.:ХВУ, 2001. – 423 с.

Надійшла до редколегії 17.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків.

МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ТОЧНОСТИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ ДАТЧИКОВ

А.Н. Науменко, Ю.И. Кушнерук, А.А. Самойличева

Анализируются вопросы исследования точности моделей надежности при проектировании датчиков, исходя из анализа количественной оценки вероятности безотказного функционирования, как отдельно взятого датчика, так и определенной совокупности аппаратуры с датчиками, обеспечивающей работу изделия.

Ключевые слова: вероятность, датчик, надежность, модель.

METHODS OF EVALUATION of EXACTNESS OF MODELS FOR TASKS OF RESEARCH, ESTIMATION AND CONTROL OF SENSORS RELIABILITY

A.V. Naumenko, Yu.I. Kushneruk, A.O. Samojlicheva

The questions of research of exactness of models of reliability are analysed at planning of sensors, coming from the analysis of estimation of probability of the faultless functioning, both separately taken sensor and certain aggregate that provides work of good.

Keywords: probability, sensor, reliability, model.