

УДК 623.004.67

Н.С. Кравець, М.О. Гарбуз, А.М. Науменко

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКІВ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІНФОРМАЦІЇ

Аналізуються характеристики датчиків перетворювачів інформації та вплив стабільності цих характеристик на їх роботу, що, у кінцевому результаті, впливає на вірогідність обробляємої інформації.

Ключові слова: датчики, лінія передачі, чутливий елемент, інформація.

Вступ

Постановка задачі. Потреба в датчиках стрімко росте у зв'язку з швидким розвитком автоматизованих систем контролю і управління, упровадженням нових технологічних процесів, переходом до гнучких автоматизованих виробництв. Крім високих метрологічних характеристик датчики повинні володіти високою надійністю, довговічністю, стабільністю, малими габаритами, масою і енергоспоживанням, сумісністю з мікроелектронними пристроями обробки інформації при низькій трудомісткості виготовлення і невеликій вартості. Тому дослідження характеристик датчиків-перетворювачів (ДП) реальна їх оцінка сприяє виконанню цих вимог.

Аналіз літератури В відомій літературі [1–6] розглядаються питання підвищення надійності в процесі перетворення інформації датчиками, можливості застосування декількох етапів перетворень, перш ніж вхідний сигнал, що надходить на датчик, перетвориться на вихідний електричний сигнал. але в цій літературі не визначаються питання, що пов'язані з дослідженням загальних характеристик датчиків незалежно від їх фізичної природи і кількості необхідних проміжних етапів перетворень. При цьому датчики будуть представлені у вигляді «чорних ящиків», де важливими будуть лише співвідношення між сигналами на їх входах і виходах.

Метою статті є дослідження принципів мінімізації лінійних і нелінійних спотворень інформативного параметра датчиків при перетворенні ними інформативних сигналів.

Основний матеріал

Перетворення сигналу в ДП завжди повинно здійснюватися так, щоб перетворення інформації від $\Phi(P)$ в $X(P)$ було оптимальним. Тому основний кількісний критерій якості перетворення сигналу (за аналогією з ККД енергоспоживаючих машин і систем можна постулювати у вигляді ККД передачі інформації, тобто як максимального збереження та мінімальне спотворення правильності перетворення інформації. Формально це означає збереження незмінної заданої функції обробки інформації за рахунок мінімізації лінійних і нелінійних її спотворень,

що можливо при максимальній подібності перетвореного сигналу $X(P)$ початковому сигналу $\Phi(P)$.

Це справедливо для всіх випадків перетворення сигналів, коли існує носій сигналу (наприклад, радіочастотний сигнал) і носій інформації, тобто інформативний параметр P (наприклад, визначальна модуляція радіочастотного сигналу по амплітуді, частоті або по фазі), і перетворення сигналу $\Phi(P)$ зводиться до виділення цього інформаційного параметра на більш низькій частоті. В той же час в техніці вимірювання застосовується величезна кількість ДП, коли інформативний параметр P в явному вигляді в процесі перетворення відсутній. Це область механічних ДП, коли, наприклад, тиск повітря або рідини перетворюється в переміщення мембрани або порожнистої пружини, або перетворення температури в термо-ЕРС термопари і т.п.

У свою чергу це означає, що узагальнені, часткові, але кількісні характеристики ДП повинні охоплювати всі можливі варіанти процесу перетворення, але критерій оптимальності перетворення завжди має враховуватися і через ці характеристики оцінюватися.

Прикладна метрологія та досвід технічних вимірювань дозволяють запропонувати нижченаведені кількісні характеристики, якими може бути оцінена працездатність, можливості та ефективність ДП будь-якого типу, виду та рівня абстрагування.

Наведені нижче характеристики ДП у більшості своїх трактувань за смисловим змістом збігаються з офіційно прийнятими метрологічними характеристиками, що широко застосовуються для оцінки якості засобів вимірювання та контролю (ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення.), але в цих характеристиках в той же час відображена та специфіка ДП, як технічного пристрою, що приймає і перетворює одну фізичну величину в іншу.

Поріг чутливості ДП можна визначити як мінімальну (про те малу) потужність, масу, тиск і т.п., при яких в ДП починається процес перетворення первинного сигналу, тобто ДП спрацьовує і з'являється помітний вторинний сигнал $X(P)$. Поріг чутливості вимірюється мінімальними абсолютними значеннями фізичних величин, які надходять на вхід ДП.

Робочий діапазон ДП – ця характеристика показує у якій області змін напруженості електромаг-

нітного поля, потужності, маси, тиску, частоти і т.п. первинного сигналу працездатність ДП зберігається. Діапазон роботи ДП може змінюватися в абсолютних величинах – від \min до \max первинного сигналу, або у відносних цифрах, що показують у скільки разів верхня точка робочого діапазону перевищує його чутливість. Сама нижня частина робочого діапазону небезпечна тим, що при первинному сигналі по своїй абсолютній величині, що близько до порогу чутливості ДП, велика ймовірність його неспрацювання, а сама верхня частина робочого діапазону – його руйнуванням.

Зауважимо також, що робочий діапазон, як і чутливість ДП залежать від цілого ряду об'єктивних, зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на його роботу, таких як: температура, тиск, вологість, вібрації, зовнішні електромагнітні поля і т.п.

Похибка перетворення ДП $\Delta_{\text{пр}}$ може бути визначена як похибка перетворення сигналу у вторинний порівняно з тим, якби це перетворення було б ідеальним, тобто для ідеального випадку повної відсутності у процесі перетворення лінійних і нелінійних викривлень, про які йшлося вище.

Тут мається повна аналогія з процесом вимірювання і з технічними засобами вимірювання (2) рис. 1, тому величина похибки перетворення залежить не тільки від фізико-технічних параметрів ДП, але і від умов його роботи, впливу на нього дестабілізуючих факторів і в значній мірі від області його роботи в робочому діапазоні.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) ДП – це чисто енергетична оцінка роботи ДП, показує яка частка первинного інформаційного сигналу втрачається в процесі його перетворення. Будь-яке перетворення, як перехід з одного фізичного стану в інший, неможливо без різного роду втрат, тому ККД ДП рівним 100 % бути не може. При ККД ДП близькому до 100 % він має велику чутливість, а при малих значеннях ККД ДП підвищується ймовірність його руйнування за рахунок значного виділення тепла або великих механічних навантажень; ККД ДП залежить від зовнішніх умов і області його робочого діапазону. Величина КПД ДП в той же час відчутно впливає і на похибку перетворення, так як це завжди пов'язано з втратою частини інформативного сигналу і з неминучим зменшенням інформативного параметра P .

Локальність ДП – специфічна характеристика датчиків-перетворювачів первинної інформації і вона визначається, як мінімальна область, з якої первинний інформативний сигнал може бути сприйнятий.

Локальність – найважливіша характеристика технічних засобів дефектоскопії; малі дефекти у виробках і матеріалах можуть бути виявлені і визначені їх розміри тільки при високій локальності первинного ДП. Локальність ДП залежить не тільки від розмірів його конструкції і, в першу чергу, від розмірів його перетворюючого елемента (наприклад, точковий детектор електромагнітного випроміню-

вання володіє більшою локальністю, ніж детектор, виконаний у вигляді плівкової структури).

Вирішальна здатність ДП визначається як мінімальне прирощення первинного інформативного сигналу, яке може бути зафіксоване на виході ДП. Вирішальна здатність вимірюється в абсолютних значеннях величини первинного інформативного сигналу. Вирішальна здатність ДП не може бути однаковою в усьому його робочому діапазоні, для деяких видів ДП вона підпорядковується визначеному закону (наприклад, для детекторів), залежність вирішальної здатності від умов роботи і впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів очевидна.

Надійність ДП розуміється як ймовірність збереження ДП при його роботі. За аналогією з оцінкою надійності засобів вимірювань надійність ДП формально обчислюється через наступні два ймовірнісні параметри: $P_{\text{нд}}$ – ймовірність "невиявленого дефекту", тобто пропуск дефекту і $P_{\text{хт}}$ – ймовірність "хибної тривоги", тобто поява сигналу про дефект, якого насправді немає.

Стосовно до ДП перший параметр $P_{\text{нд}}$ – це неспрацювання ДП при перевищенні інформативного сигналу його чутливості або руйнування; другий параметр $P_{\text{хт}}$ – поява на виході ДП інформативного сигналу при його відсутності на вході.

Відповідно до загальноприйнятої методики розрахунку надійності, тобто ймовірності безвідмовної роботи – результуюча надійність ДП $H_{\Sigma(\text{н.д.; хт; } \tau)}$ може бути знайдена зі співвідношення:

$$H_{\Sigma(\text{н.д.; хт; } \tau)} = (1 - P_{\text{нд}})(1 - P_{\text{хт}}), \quad (1)$$

причому і чисельне значення очікуваної величини $P_{\text{нд}}$ і чисельне значення очікуваної величини $P_{\text{хт}}$ повинно знаходитися для даного, конкретного виду ДП за результатами випробувань партії ДП, що знаходяться в однакових експлуатаційних умовах.

Подібні результати випробувань даного виду ДП на надійність в подальшому можуть бути використані для формування табличних значень коефіцієнта λ – відмов, що використовується для оцінок надійності більш складних технічних пристроїв, в які даний вид ДП входить в якості комплектуючого функціонального вузла.

Надійність ДП, як будь-якого технічного пристрою, визначається ймовірністю відмов матеріальних елементів, що утворюють його конструкцію. Зрозуміло, що надійність ДП в значній мірі залежить і від умов його експлуатації – більш важкі умови експлуатації завжди збільшують ймовірність відмов елементів конструкції і, особливо, елемента, що перетворює сигнал.

Універсальність ДП – чисто якісна експлуатаційна характеристика ДП, в тому сенсі, що вона показує як застосовується ДП даного типу та вид його

використання у вимірювальних системах різного призначення.

Оборотність ДП – це одна зі специфічних характеристик ДП – це їх властивість перетворювати інформативний сигнал в прямому і зворотному напрямках; це характеристика властива не всім типам і видам ДП, а тільки деяким, у яких можливий процес перетворення прямого сигналу у вихідний і при зворотному включенні ДП-перетворення сигналу спочатку вихідного в первинний. Ефект оборотності в найпростішому його вигляді (іноді ще його називають ефектом взаємності) давно відомий в електрорадіотехніці і суть його зводиться до того, що деякі елементи і вузли у вигляді чотирьохполюсників, будучи підключеними до первинного джерела з будь-кого свого боку, не змінюють своїх характеристик (це резистори, ємності, індуктивності і т.п.). До названих елементів і вузлів у електрорадіотехніці прийнято відносити такі, у яких характеристики проходження змінюються в залежності від того з якого боку вони підключаються до джерела електричного живлення (це напівпровідники, вентиля і т. п.).

Поняття же "оборотності" ДП принципово інше і припускає роботу деяких типів та видів ДП в якості перетворювачів фізичних величин при прямому і зворотному їх включенні.

Прикладами таких "зворотних" ДП можуть бути:

– п'єзоелектричний перетворювач, у якого при подачі механічного зусилля на кристал з'являються на поверхні електричні заряди (прямий п'єзоэффект), і, навпаки, – при подачі напруги (заряду) на поверхню кристала – механічна сила, що змінює його форму і розміри (зворотний п'єзоэффект);

– деякі види напівпровідникових і плівкових перетворювачів, які, наприклад, при подачі на них світла виробляють постійний електричний струм, і навпаки і т. п.

Ефект "оборотності" ДП широко використовується не тільки у контрольно-вимірювальній апаратурі, але і в спеціальних технічних системах (наприклад, в телефонах, гучномовцях, мікрофонах, в перетворювачах звукової та відеоінформації і т.п.).

Відзначимо, що не всі згадані вище характеристики ДП можуть бути застосовані до "активних" датчиків:

– похибка перетворення ДП $\Delta_{пр}$ стосовно до "активним" датчиків повинна бути замінена похиб

кою формування, відповідно, сигналу X відносно вихідного сигналу датчика Ф.

– коефіцієнт корисної дії ДП стосовно до "активного" датчика слід розуміти як відношення виробленої "активним" датчиком потужності вихідного сигналу X до потужності вхідного сигналу Ф.

Висновки

1. Загальним для пасивних ДП і "активних" датчиків є залежність їх характеристик від зовнішніх дестабілізуючих факторів, і, в першу чергу, залежність характеристик від температури.

2. Залежність характеристик від температури коректується наступними трьома способами:

– калібруванням і атестацією ДП і вимірювальних пристроїв, куди вони входять на робочій температурі;

– при значних діапазонах робочих температур, введенням поправок в результати східчастих і наскрізних калібрувань;

– побудовою таких систем вимірювання, які автоматично коригують залежність характеристик ДП і "активних" датчиків від температури.

3. Для отримання максимальної інформації інформативний параметр Р повинен бути максимально можливим.

По-друге, в результаті перетворення величини Ф у величину X ДП (тобто при його функціонуванні) втрати інформативного параметра Р повинні бути мінімальні.

Список літератури

1. Закон України „Про метрологію та метрологічну діяльність”. Урядовий кур’єр, № 06. – 14.06.2015 р.
2. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення.)
3. Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки: підручн. / В.М. Чинков. – Х.: ХВУ, 2001. – 424 с.
4. Фарсане Н.Г., Іллясов Л.В. Технологічні виміри й прилади / Н.Г. Фарсане, Л.В. Іллясов. – Г.: Вища школа, 1999. – 340 с.
5. Поліщук Є.С. Вимірювальні перетворювачі: підручник / Є.С. Поліщук. – К.: Вища школа, 2003. – 352 с.
6. Новицкий Н.П. Динамика погрешностей средств измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.

Надійшла до редколегії 21.04. 2017

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

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Н.С. Кравец, Н.А. Гарбуз, А.М. Науменко

Анализируются характеристики датчиков преобразователей информации и влияние стабильности этих характеристик на их работу, что, в конечном результате, влияет на достоверность обрабатываемой информации.

Ключевые слова: датчики, линия передачи, чувствительный элемент; информация.

ANALYSIS OF METROLOGY DESCRIPTIONS OF SENSORS OF TRANSFORMERS OF INFORMATION

H. Kravets, N. Garbuz, A. Naumenko

Descriptions of sensors of transformers of information and influence of stability of these descriptions are analysed on their work, that is result influences on veracity treatment of information.

Keywords: sensors, tl, pickoff; information.