

УДК 621.317.3 + 681.51

В.О. Багацький, О.В. Багацький

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ВИМІРЮВАННЯ, КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ

Багацький Валентин Олексійович

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, м. Київ,
orcid: 0000-0003-2550-3133

bagatskijva@gmail.com

Багацький Олексій Валентинович

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, м. Київ,
orcid: 0000-0003-2969-6630

bagatskyi.o.v@gmail.com

Проведено порівняльний аналіз нормативної та наукової літератури з питань вимірювання, контролю та діагностики. Вказані існуючі, на думку авторів, недоліки у визначеннях термінів: «вимірювання», «контроль», «діагностика». Основним недоліком визначень є їх формулювання з точки зору пояснення функціонального призначення процесів. Визначення процесу вимірювання у нормативних документах, на думку авторів, має дуже узагальнений і неконкретний характер. Відображення — це синонім слова «індикація». Обчислення чого та задля чого? Яким чином відбувається експериментальне отримання величини, і хто його обґрунтовано приписує? Нормативні документи з контролю та діагностики не відповідають на питання, що таке власне контроль та діагностика з точки зору складових процесів нижчого рівня. Невідомо також, що мається на увазі під терміном «відповідність», визначення контролю якості продукції є тавтологією, тобто контроль є контроль. Авторами запропоновано уніфікований шаблон для визначення вказаних термінів з точки зору складових процесів нижчого рівня, а не з точки зору функціонального призначення вимірювання, контролю та діагностики. Складовими всіх означених процесів є процеси нижчого рівня, а саме: порівняння, запам'ятовування результатів порівняння та процес формування вихідного коду. Процеси нижчого рівня можуть бути реалізовані над аналоговою, аналого-цифровою та цифровою формами інформативності. Ланцюг з вимірювального перетворювача, міри, компаратора та тригера, на цифровому виході якого з'являється цифровий сигнал «більше величини міри — 1» або «менше величини міри — 0» залежно від вхідної величини, є елементарний набір засобів, який дозволяє реалізувати процеси вимірювання, контролю та діагностики. Цей процес можна назвати одноможевим порівнянням або однорозрядним вимірюванням. Згідно із шаблоном запропоновано визначення процесів вимірювання, контролю та діагностики.

Ключові слова: нормативні документи, терміни, вимірювання, контроль, діагностика, порівняння, запам'ятовування.

Вступ

Вимірювання, контроль та діагностика відносяться до основних функцій систем управління. З питань вимірювання, контролю та діагностики існують нормативні документи у формі ДСТУ, ГОСТ та міжнародних стандартів [1–5], які в технічних галузях мають силу законів. Перш за все вводяться в дію документи, які пояснюють терміни та визначення в певній галузі техніки, а вже потім на їх базі розробляються керівні технічні матеріали з подальшою деталізацією питань вимірювання параметрів та особливостей застосування. Найбільше розроблені питання вимірювань, тобто метрології [1–3], менш детально — ДСТУ з діагностики та контролю технічного стану [4] і ДСТУ з контролю якості продукції [5].

У нормативних документах з контролю введено термін «вимірювальний контроль», який формально об'єднує процеси вимірювання та контролю, а терміни діагностики та контролю визначені в одному й тому ж ДСТУ [4], що вказує на тісний зв'язок процесів вимірювання, контролю та діагностики.

Визначення основних термінів в існуючих нормативних документах з вимірювань, контролю та діагностики формуються з точки зору функціонального призначення цих процесів.

Аналіз нормативних документів та літератури

Існують український стандарт з термінів та визначень в галузі метрології [1], міжнародний [2] та російський [3] стандарти.

В [1] вимірювання визначається як відображення вимірювальних величин шляхом експерименту та обчислень. Документи [2, 3] визначають вимірювання як процес експериментального отримання одного чи більше значень величини, які обґрунтовано можуть бути приписані величині. Однак визначення процесу вимірювання у цих документах, на думку авторів, має дуже узагальнений і неконкретний характер. Відображення — це синонім слова «індикація». Обчислення чого та задля чого? Яким чином відбувається експериментальне отримання величини і хто його обґрунтовано приписує?

Визначення з [4, 5] характеризують функціональне призначення контролю та діагностики, але не відповідають на питання, що таке власне контроль та діагностика з точки зору процесів нижчого рівня. Невідомо також, що мається на увазі під терміном «відповідність», визначення контролю якості продукції є тавтологією, тобто контроль є контроль. Немає визначення терміну «якість».

Досить давно існує наукова література з питань вимірювання, контролю та діагностики. Наприклад, у [6] наведені методи вимірювань, які реалізуються за допомогою елементарних засобів вимірювань, у [7] висловлена думка про подібність операцій вимірювання, контролю та діагностики, у [8] наведені конкретні технічні рішення пристроїв, захищених авторськими свідоцтвами, в яких операції вимірювання, контролю, діагностики суміщені в одному пристрої.

У роботі [9] під час створення нового ДСТУ з метрології запропоновано враховувати нові терміни з існуючих вітчизняних та закордонних нормативних документів і наукових праць. На жаль, матеріали з наведених вище монографій не враховувалися при підготовці нормативних документів.

У даній статті автори спробували інакше сформулювати визначення основних термінів з вимірювань, контролю та діагностики. Вони повинні відповідати на питання: з чого складаються означені процеси? яка часова послідовність їх виконання? який результат на виході одержується після закінчення всіх складових процесів?

Мета роботи — виконання порівняльного аналізу процесів вимірювання, контролю, діагностики величин, розробка нового уніфікованого підходу до визначень цих процесів.

Уніфіковане визначення процесів вимірювання, контролю, діагностики

Автори пропонують наступне уніфіковане визначення (шаблон) для перелічених процесів [6, 7].

Вимірювання (технічний контроль, технічна діагностика) — експериментальний керований процес порівняння вхідної вимірюваної (контрольованої, діагностованої) однієї чи декількох залежних від неї величин з опорним (номінальним) або залежними від нього значеннями величин, запам'ятовування результатів порівнянь та формування результатів вимірювань (контролю, діагностики) у вигляді вихідного цифрового коду, відповідного даному процесу.

Як впливає із цього визначення, складовими всіх означених процесів є процеси нижчого рівня, а саме, порівняння (*c*), запам'ятовування результатів порівняння (*m*) та процес формування вихідного коду. Процеси нижчого рівня можуть бути реалізовані практично над аналоговою, аналого-цифровою та цифровою формами інформації.

Можливі види процесів порівняння та запам'ятовування залежно від форми інформації, що обробляється, наведені в таблиці [8].

Таблиця

Форма представлення інформації	Процеси, що виконуються	
	Порівняння, <i>c</i>	Запам'ятовування, <i>m</i>
Цифрова, <i>D</i>	<i>c_D</i>	<i>m_D</i>
Аналогова, <i>A</i>	<i>c_A</i>	<i>m_A</i>

Вимірювання

У [6] систематизовано і наведено 20 методів вимірювання, які реалізуються за допомогою елементарних засобів вимірювання. До елементарних засобів відносяться: вимірювальний перетворювач, масштабуючий перетворювач, міра, вимірювальний пристрій порівняння.

Розглянемо детально елементарні засоби вимірювання.

Вимірювальний перетворювач (ВП) перетворює аналогову величину в аналогову. Він може змінювати рід вхідного сигналу, виконувати функціональне перетворення, зміну масштабу та координат часу сигналу, узгоджувати узагальнені опори.

Як впливає із попереднього тексту, масштабуючий перетворювач є окремим випадком вимірювального і, на думку авторів, заслуговує на повну назву — вимірювальний масштабуючий перетворювач (ВМП). Він може бути одно- або багатоканальним, керованим чи некерованим.

На відміну від [6], автори вважають, що міра (М) може бути тільки з одним виходом та некерована. Для того щоб отримати багатоканальну або керовану міру, необхідно застосовувати вимірювальний масштабуючий перетворювач.

У серійних вимірювальних приладах як міру використовують два основні види джерел опорних величин: 1) термокомпенсоване опорне джерело напруги, засноване на фізичному явищі керованого пробою в напівпровідниках, потенційна спроможність цих приладів — похибка в 10^{-6} , 10^{-7} ; 2) термокомпенсований кварцовий генератор з похибкою 10^{-11} [10].

У спеціалізованих системах виміру часу як міру використовують сталість довжини хвилі чистих газів та постійність частоти резонансу ядер молекул [6].

Слід зазначити, що, крім власне міри, в інших вимірювальних засобах є внутрішні міри. Наприклад, у ВМП є ланцюг резисторів, співвідношення між якими — постійна величина, незалежна від зовнішніх впливів. У компаратора такою мірою є тотожність параметрів двох вхідних транзисторів диференційного підсилювача, у ВП використовуються ланцюжки точних резисторів та компенсовані пари транзисторів.

Вимірювальний пристрій порівняння або «компаратор» (К) визначає співвідношення між однорідними величинами з метою одержання висновку «більше–менше». У вимірювальних пристроях або приладах використовується компаратор двох аналогових величин: перша — пропорційною вхідною величиною, друга — вихідною величиною міри або вимірювального масштабуючим перетворювачем. На цифровому виході компаратора після порівняння з'являється цифровий сигнал «більше–менше» («1» або «0»).

Для реалізації процесу вимірювання необхідна міра, один або декілька компараторів аналогових величин та керований або багатоканальний вимірювальний масштабуючий перетворювач, який може використовуватися з боку вхідного сигналу або міри, або з двох боків.

Наявність лише ВП, некерованої одноканальної міри та одного компаратора дозволяють проводити тільки порівняння, а не вимірювання [6]. Хоча в [6] до елементарних засобів вимірювання відносяться ВП, компаратори, керовані та багатоканальні БМП та міри, про елементарні засоби керуючої цифрової техніки, які є невід'ємною частиною процесів вимірювання, не згадується.

На нашу думку, до них відносяться цифрові пристрої (тригера та регістри) запам'ятовування результатів порівнянь аналогових значень (див. таблицю) та формування вихідного коду вимірювального приладу або пристрою.

Ланцюг з ВП, міри, компаратора та тригера, на цифровому виході якого з'являється сигнал «більше величини міри — 1» або «менше величини міри — 0» залежно від вхідної величини є мінімальним набором засобів, який дозволяє реалізувати складові процесів вимірювання, контролю та діагностики. Результатом взаємодії цих засобів під цифровим управлінням є один цифровий розряд двійкового коду. Цей процес можна назвати одномежовим порівнянням або однорозрядним вимірюванням.

Звичайне вимірювання є багатомежовим порівнянням. Для нього необхідні керований ВМП та один компаратор або багатоканальний ВМП та відповідно до кількості вихідних каналів ВМП кількість компараторів, цифрові пристрої запам'ятовування та формування цифрового вихідного коду. Відображення результатів вимірювань відбувається за допомогою пристроїв індикації.

З таблиці випливає, що вимірювальні пристрої відносяться до типу пристроїв (СА, МД). Отже, сформулюємо визначення вимірювання.

Вимірювання — експериментальний керований процес порівнянь вхідної вимірюваної або залежних від неї величин з опорним чи залежними від нього значеннями величин, запам'ятовування результатів порівнянь та формування результатів вимірювань у вигляді вихідного цифрового коду, що відповідає вимірювальній функції.

Контроль параметра

В Україні терміни та визначення технічного контролю регламентуються відповідними ДСТУ [4, 5]. За цими документами існує декілька видів контролю. Прямого визначення терміну «контроль параметра» немає. Розглянемо найпростіші.

Контроль за альтернативною ознакою — це коли певні характеристики оцінюються і класифікуються як відповідні або не відповідні встановленим вимогам без виміру (inspection by attributes) [5]. Англomовне визначення перекладається як «контроль параметрів». Альтернативний контроль відбувається при порівнянні контрольованої величини з однієї межею, як і процес одномежового порівняння або однорозрядного вимірювання, тобто стан контрольованої величини розділяється на дві області, одну з яких можна вважати областю нормального стану [7].

Допусковий контроль установлює перебування дійсного значення параметра відносно його гранично допустимих значень без вимірювання значення параметра [4].

Автори вважають, що дані про величину або процес можна одержати тільки в ході вимірювання, а «установлювати, оцінювати і класифікувати» без вимірювання неможливо.

«Установлювати, оцінювати або класифікувати» перебування дійсного значення параметра відносно його гранично допустимих значень можна апаратно за допомогою елементарних засобів вимірювання, а саме: джерела опорного значення величини (міри), двовихідного вимірювального масштабуючого перетворювача, на вході якого є значення опорної величини, а на виходах — два аналогових гранично допустимих значення, двох аналогових компараторів з цифровими виходами, на перші аналогові входи яких подається вхідна величина, а на другі — відповідно, максимальне та мінімально граничні значення контрольованої величини, цифрового дешифратора та одного цифрового запам'ятовуючого елемента — тригера з двома вихідними значеннями: «1 — перебуває в межах», «0 — вийшов за межі».

Цей набір елементарних технічних засобів забезпечує саме процес вимірювання. Тому визначення «без вимірювання значення параметра» в нормативних документах помилкове. Такий контроль відбувається за типом (*CA, MD*). За цим же типом працює контроль в аналого-цифрових пристроях контролю [8].

Вимірювальний контроль установлює факт перебування дійсного значення параметра відносно його гранично допустимих значень шляхом вимірювання значення параметра (control by measurement) [4]. У цьому визначенні формально об'єднані терміни «вимірювання» та «контроль». Це єдиний вид контролю, відносно якого в ДСТУ зазначено не англійський термін «inspection», а термін «control by measurement». Останній перекладається як «управління за допомогою вимірювання», фактично він розділяє процеси вимірювання та контролю і переводить процес власне допускового контролю у цифрове середовище, де реалізується за допомогою програмних засобів. Цей вид контролю забезпечує вимірювання за типом (*CA, MD*), а власне контроль — за типом (*CD, MD*).

Процес допускового контролю можна класифікувати як процес двомежового порівняння. Межами є максимально та мінімально допустимі значення контрольованої величини. За результатом такого контролю формується сигнал тривоги, вимкнення обладнання або зупинки технологічного процесу. Допусковий контроль параметра можна визначити наступним чином.

Допусковий контроль параметра — експериментальний керований процес порівнянь вхідної контрольованої величини з максимально та мінімально допустимими значеннями величин, запам'ятовування результатів порівнянь та формування результатів контролю «в межах» або «виходить за межі» у вигляді однорозрядного двійкового цифрового вихідного коду.

Процес діагностування

За [4] технічне діагностування — визначення технічного стану об'єкта з означеною (заданою) точністю (technical diagnosis). Завдання технічного діагностування: контроль технічного стану, пошук місця та визначення причин відмови (несправності), прогнозування технічного стану.

Контроль технічного стану — це перевірка відповідності значень параметрів об'єкта вимогам технічної документації та визначення на цій основі одного із заданих видів технічного стану в даний момент часу (technical state inspection) [4].

Видами технічного стану є, наприклад, справний, несправний, працездатний, непрацездатний тощо, залежно від значень параметрів на даний момент часу.

Терміни «контроль» та «контроль технічного стану» визначаються як «перевірення відповідності» без пояснень суті останнього терміну. Проте майже завжди це означає допусковий контроль, тобто «справний, несправний», «пра-

цездатний, непрацездатний», «задовольняє норму, не задовольняє норму». Англomовним аналогом терміну «допусковий контроль» є термін «inspection».

Три з чотирьох розділів цього ДСТУ [4] мають назву «Діагностування (контроль)...», з 53 визначень діагностування та контролю 38 однакові. Це вказує на близькість цих двох процесів.

У ДСТУ не введено термін «номінальне значення параметра» [11]. Якщо використовувати номінальне значення, то межами між можливими технічними станами об'єкта можуть бути два гранично припустимі та номінальне значення діагностованої величини. При цьому для діагностування використовується три аналогових компаратора, вихідний цифровий код є дворазрядним двійковим, який визначає три види технічного стану параметра: «параметр знаходиться в межах», «параметр виходить за межу більшого значення», «параметр виходить за межу меншого значення». За результатами такого діагностування можна не тільки формувати сигнал тривоги або відключення обладнання, й автоматично приймати рішення, яким повинен бути напрям керуючого впливу для повернення параметра у зону гранично допустимих меж. Таке діагностування, згідно з таблицею, відбувається за (CA, mD)-типом.

Процес діагностування може визначати більше видів технічного стану. Цим він подібний до процесу вимірювання за допомогою методу паралельного перетворення з достатньо обмеженою кількістю розрядів вихідного коду.

Процес діагностування може бути, на думку авторів, визначений згідно з запропонованим раніше шаблоном наступним чином.

Технічне діагностування — експериментальний керований процес порівнянь вхідної діагностованої величини з номінальним та залежними від нього значеннями величин, запам'ятовування результатів порівнянь та формування результатів діагностики у вигляді вихідного цифрового коду, відповідного виду технічного стану об'єкта.

Висновок

Проведено порівняльний аналіз нормативної та наукової літератури з питань вимірювання, контролю та діагностики. Вказані існуючі, на думку авторів, недоліки у визначеннях термінів «вимірювання», «контроль», «діагностика». Основним недоліком визначень є їх формулювання з точки зору пояснення функціонального призначення процесів.

Визначено однаковий для процесів вимірювання, контролю та діагностики мінімальний ланцюг елементарних технічних засобів: вимірювальний перетворювач, джерело опорної величини, компаратор, цифрові пристрої пам'яті результатів порівнянь та формування вихідного коду.

Запропоновано шаблон для визначення вказаних процесів через складові процеси нижчого рівня, а не з точки зору функціонального призначення вимірювання, контролю та діагностики. Згідно з шаблоном наведено запропоновані визначення процесів вимірювання, контролю та діагностики.

V. Bahatskyi, O. Bahatskyi

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROCESSES OF MEASUREMENT, INSPECTION AND DIAGNOSTICS

Valentin Bahatskyi

V.M. Glushkovs Institute of Cybernetics NAS of Ukraine, Kyiv,

bagatskijva@gmail.com

*Міжнародний науково-технічний журнал
Проблеми керування та інформатики, 2023, № 5*

Oleksii Bahatskyi

V.M. Glushkovs Institute of Cybernetics NAS of Ukraine, Kyiv,

bagatskyi.o.v@gmail.com

In this article a comparative analysis of regulatory and scientific literature on measurement, inspection and diagnosis was made. Authors say, that there are the disadvantages in the definitions of the terms «measurement», «inspection», «diagnostics». The main disadvantage of definitions is their formulation in terms of explaining the functional purpose of the processes. According to the authors, the definition of the process of measurement in normative documents is much generalized and not specific. Now we can say that «mapping» is a synonym for the word «indication». Calculate of what and why? How does the experimental obtaining of the value and who reasonably attributes it? Regulatory documents on inspection and diagnostics cannot answer the question of what is the inspection and diagnosis in terms of lower level processes. It is also unknown what is meant by the term «conformity», determining the quality inspection of products is a tautology, for example, inspection is inspection. The authors propose a unified template to determine these terms in terms of lower level processes, not in terms of functional purpose of measurement, inspection and diagnosis. The components of all these processes are the lower level processes, namely comparison, memorization of the results of comparison and the process of forming the source code. Lower level processes can be implemented over analog, analog-digital, and digital forms of information. A concatenation from a measuring converter, measure, comparator and trigger, at the digital output of which is digital signal «more than a measure is equal to «1»» or «less than a measure is equal to «0»» depending on the input value, is an elementary set of tools that allows to actualize the processes of measurement, control and diagnostics. This elementary process can be called a «one border comparison» or «one-bit measurement». In accordance with the template, it is proposed to determine the processes of measurement, inspection and diagnosis.

Keywords: normative documents, terms, measurement, inspection, diagnosis, comparison, memorization.

ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України. 1994. 68 с.
2. International vocabulary of metrology. Basic and general concept and associated terms (VIM3). JCGM 200:2012 (E/F). 91 p.
3. РМГ 29-2014. Метрология. Основные термины и определения. М. : Стандартинформ, 2014. 92 с.
4. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 24 с.
5. ДСТУ 3021-95. Випробовування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1995. 71 с.
6. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. Київ : Вища шк., 1976. 432 с.
7. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы. М. : Энергоатомиздат, 1985. 439 с.
8. Багацкий В.А., Грешищев Ю.М., Самус И.В., Фабричев В.А. Преобразователи формы информации с обработкой данных. Киев : Наук. думка, 1992. 264 с.
9. Метрологія. Терміни та означення. Сучасне трактування: у порядку дискусії. *Метрологія та прилади*. 2017. № 6. С. 30–44.
10. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Т. 2. М. : Мир, 1983. 590 с.
11. Володарський Є.Т., Кошева Л.О., Клевцова М.О. Адаптивний вимірювальний контроль. Теоретичні та практичні аспекти: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2021. 162 с.

Отримано 06.09.2023