

Методичні вказівки
до виконання самостійної роботи з дисципліни
«Мікро- та наносистемна техніка»
для студентів спеціальності
153 – «Мікро- та наносистемна техніка»

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки
до виконання самостійної роботи з дисципліни
«Мікро- та наносистемна техніка»
для студентів спеціальності
153 – «Мікро- та наносистемна техніка»

Вінниця
ВНТУ
2019

Рекомендовано до друку Методичною Радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 22.11.2018 р.)

Рецензенти:

С. Т. Барась, кандидат технічних наук, професор

О. С. Городецька, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Мікро- та наносистемна техніка» для студентів спеціальності 153 – «Мікро- та наносистемна техніка» / Уклад. Б. П. Книш. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 16 с.

У методичних вказівках наведено основні теоретичні дані до виконання самостійної роботи з дисципліни «Мікро- та наносистемна техніка» та рекомендовану літературу. Методичні вказівки розроблено відповідно до навчальної програми дисципліни «Мікро- та наносистемна техніка»

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи
з дисципліни «Мікро- та наносистемна техніка»
для студентів спеціальності 153 – «Мікро- та наносистемна техніка»

Укладач *Богдан Петрович Книш*

Рукопис оформив *Б. Книш*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовив *О. Ткачук*

Підписано до друку 30.01.2019 р. Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 0,96.
Наклад 40 (1-й запуск 1–21) пр. Зам. № 2019-014.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021. Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua; *E-mail*: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

ЗМІСТ

Тема 1. Похибки вимірювань, сенсори, датчики	4
Тема 2. Термоелектричні датчики, датчики світлового потоку, оптичного поглинання, зсуву, положення	5
Тема 3. Магнітоелектричні сенсори, індуктивні перетворювачі, датчики магнітного поля на ефекті Холла, адсорбційні перетворювачі, датчики вологості, біологічні сенсори	6
Тема 4. Мікромеханізми, мікроприводи, мікромашини, мікропередачі, мікроважелі, муфти	8
Тема 5. Мікросистеми для генерації і перетворення енергії і руху, мікросопла, пневматичні і оптомеханічні мікроприводи руху, «інтелектуальні» комфортні поверхні	9
Тема 6. Компоненти технологічних мікросистем, мікроклапани і мікронасоси, мікрозонди, кластерні технологічні мікросистеми, мікрохімічні лабораторії, ділянки мікроскладення, мініфабрики	10
Тема 7. Мініатюрні автоматичні транспортні системи, міні- і мікророботи, перспективи розвитку і застосування мікросистем, нанотехнології і наносистемна техніка.....	12
Тема 8. Технологічне моделювання	13
Тестові завдання	15

ТЕМА 1. ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ, СЕНСОРИ, ДАТЧИКИ

Мета: отримання знань щодо похибок вимірювань, дрейфу параметрів, шумів, умов експлуатації, стандартизації та сертифікації сенсорів, видів перетворювачів, датчиків на основі мікромеханічних перетворювачів.

Сенсор – відповідно до ГОСТ 16263-70 цей пристрій називається первинним вимірювальним перетворювачем (primary measuring transducer), його частина, на яку безпосередньо діє вимірювана величина, – чутливим елементом (detector), а всі наступні складові вимірювального кола – вимірювальним перетворюванням (measuring transducer).

Вихідний сигнал вимірювального пристрою (датчика) є вихідний сигнал перетворювача. В більшості керівних систем цей вихідний сигнал, як правило і переважно, – електричний, однак доволі часто зустрічаються і пневматичні датчики.

Розрізняють три класи датчиків:

- аналогові датчики, тобто датчики, які виробляють аналоговий сигнал;
- цифрові датчики, що генерують послідовність імпульсів або двійковий код;
- бінарні (двійкові) датчики, які виробляють сигнал тільки двох рівнів: (0 / 1).

Більшість датчиків з перетворювачем, що використовуються в системах керування, генерують аналоговий сигнал. Як правило, при керуванні вимірюються такі фізичні величини:

- електричні і магнітні характеристики;
- параметри переміщення;
- сила, момент і тиск;
- температура;
- рівень заповнення ємкості;
- густина, в'язкість, консистенція;
- концентрація (газу, рідини, розчинених і зважених речовин);
- хімічна чи біохімічна активність.

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- похибки вимірювань, дрейф параметрів, шуми, умови експлуатації;
- стандартизація і сертифікація сенсорів;
- види перетворювачів: п'єзоелектричні, тензорезистивні, ємнісні;

– датчики на основі мікромеханічних перетворювачів: тиску, витрати, пульсацій.

Рекомендована література

1. Лысенко И. Е. Проектирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники / Лысенко И. Е. – Таганрог : ТРТУ, 2005. – 103 с.

2. Яворський Н. Б. Комп'ютерні методи в інженерії мікроелектрод-механічних систем / Яворський Н. Б. – Львів : Львівська політехніка, 2016. – 285 с.

ТЕМА 2. ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ДАТЧИКИ, ДАТЧИКИ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ, ОПТИЧНОГО ПОГЛИНАННЯ, ЗСУВУ, ПОЛОЖЕННЯ

Мета: отримання знань щодо термоелектричних сенсорів і датчиків на їх основі, датчиків світлового потоку і оптичного поглинання, датчиків зсуву і положення.

Для автоматичного контролю і керування температурними режимами технологічних процесів і дистанційної передачі результатів як датчики застосовують термометри опору і термопари. Такі датчики не є самостійними приладами, а працюють тільки зі спеціальною групою вимірювальних приладів.

Термопара (термоелектричний датчик) являє собою два різнорідні металеві провідники (термоелектроди), що призначені для вимірювання температури робочих об'єктів. Кінець термопари, що поміщається в об'єкт вимірювання температури, називається робочим або «гарячим» спаєм, вільні або «холодні» кінці термопари з'єднані з вимірювальним приладом. Термопарою здійснюється перетворення теплової енергії на електричну.

Принцип роботи термопари полягає в тому, що при зміні температури гарячого спаю на вільних («холодних») кінцях термопари змінюється термоелектрорушійна сила (термо-ЕРС) постійного струму. Відповідно до явища Зеєбека, у замкнутому електричному колі, утвореному двома різнорідними провідниками, виникає термо-ЕРС, пропорційна різниці температур спаїв. Розмір термо-ЕРС залежить тільки від температури «гарячого» і «холодного» спаїв і матеріалів, що утворюють термопару.

Утворення термо-ЕРС у термопарі пояснюється тим, що при нагріванні електрони на «гарячому» спаї одержують більш високі швидкості, ніж на «холодному», в результаті виникає потік електронів від «гарячого» кінця до «холодного». На «холодному» кінці накопичується негативний заряд, на «гарячому» – позитивний. Різниця цих потенціалів визначає термо-ЕРС термопари.

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- термоелектричні сенсори і датчики на їх основі;
- датчики: температури, рівня і потоку рідини, вакууму;
- датчики світлового потоку і оптичного поглинання;
- датчики зсуву і положення.

Рекомендована література

1. Яворський Н. Б. Комп'ютерні методи в інженерії мікроелектрод-механічних систем / Яворський Н. Б. – Львів : Львівська політехніка, 2016. – 285 с.

2. Гуртов В. А. Микроэлектромеханические системы / Гуртов В. А. – Петрозаводск : ПетрГУ, 2016. – 172 с.

ТЕМА 3. МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНІ СЕНСОРИ, ІНДУКТИВНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ, ДАТЧИКИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЕФЕКТИ ХОЛЛА, АДСОРБЦІЙНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ, ДАТЧИКИ ВОЛОГОСТІ, БІОЛОГІЧНІ СЕНСОРИ

Мета: отримання знань щодо магнітоелектричних сенсорів, індуктивних перетворювачів, датчиків магнітного поля на ефекті Холла, адсорбційних перетворювачів, датчиків вологості, біологічних сенсорів.

Прилад, яким вимірюють рівень вологості, називається гігрометром або просто датчиком вологості. У повсякденному житті вологість виступає важливим параметром, і часто не тільки для звичайного життя, але і для різної техніки, і для сільського господарства (вологість ґрунту) тощо.

Від ступеня вологості повітря залежить наше самопочуття. Особливо чутливими до вологості є метеозалежні люди, а також люди, які страждають гіпертонічною хворобою, бронхіальною астмою, захворюваннями серцево-судинної системи.

За високої сухості повітря навіть здорові люди відчують дискомфорт, сонливість, свербіж і подразнення шкіри. Часто сухе повітря може спровокувати захворювання дихальної системи, починаючи з ГРЗ і ГРВІ, і закінчуючи навіть пневмонією.

На підприємствах вологість повітря здатна впливати на збережність продукції і обладнання, а в сільському господарстві однозначним є вплив вологості ґрунту на родючість тощо. Тут і рятує застосування датчиків вологості – гігрометрів .

Деякі технічні прилади спочатку калібруються під строго необхідну вологість, іноді для точного налаштування приладу необхідно знати точне значення вологості навколишнього середовища.

Вологість може вимірюватися декількома з можливих величин:

- для визначення вологості як повітря, так і інших газів, вимірювання проводяться в грамах на кубометр, коли йде мова про абсолютне значення вологості, або в одиницях RH, коли говоримо про відносну вологість.

- для вимірювання вологості твердих тіл або в рідинах підходять вимірювання у відсотках від маси досліджуваних зразків;

- для визначення вологості погано змішуваних рідин, одиницями вимірювання будуть слугувати ppm (скільки частин води припадає на 1000000 частин ваги зразка).

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- магнітоелектричні сенсори;
- індуктивні перетворювачі;
- датчики магнітного поля на ефекті Холла;
- адсорбційні перетворювачі;
- датчики вологості;
- біологічні сенсори.

Рекомендована література

1. Повный А. Датчики влажности - как устроены и работают [Электронный ресурс] / Андрей Повный // Elektrik.info – Режим доступа до ресурсу: <http://elektrik.info/main/automation/1083-datchiki-vlazhnosti-kak-ustroeny-i-rabotayut.html>.

2. Гуртов В. А. Микроэлектромеханические системы / Гуртов В. А. – Петрозаводск : ПетрГУ, 2016. – 172 с.

2. Мальцев П. П. Нано- и микросистемная техника / Мальцев П. П. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.

ТЕМА 4. МІКРОМЕХАНІЗМИ, МІКРОПРИВОДИ, МІКРОМАШИНИ, МІКРОПЕРЕДАЧІ, МІКРОВАЖЕЛІ, МУФТИ

Мета: отримання знань щодо мікромеханізмів, мікроприводів, мікро-машин, мікропередач, мікروважелів, муфт.

Всі електричні машини можна класифікувати за рядом ознак:

1. За призначенням:

- електричні генератори, що перетворюють механічну енергію на електричну;
- електричні двигуни, що перетворюють електричну енергію на механічну;
- електромашинні перетворювачі, що перетворюють змінний струм на постійний і навпаки, змінюють величину напруги, частоту і число фаз;
- електромашинні компенсатори, які здійснюють генерування реактивної потужності в електричних установках для поліпшення енергетичних показників джерел і приймачів електроенергії;
- електромеханічні перетворювачі сигналів, що генерують, перетворюють і підсилюють різні сигнали.

2. За родом струму:

- електричні машини постійного струму;
- електричні машини змінного струму: синхронні, асинхронні.

3. За потужністю:

- мікромашини до 500 Вт;
- машини малої потужності від 0,5 кВт до 10 кВт;
- машини середньої потужності від 10 кВт до 100 кВт;
- машини великої потужності понад 100 кВт.

4. За частотою обертання:

- тихохідні до 300 об/хв;
- середньої швидкохідності від 300 об/хв до 1500 об/хв;
- швидкісні від 1500 об/хв до 6000 об/хв;
- надшвидкісні понад 6000 об/хв.

5. За ступенем захисту:

- відкрите виконання (відповідає ступеню захисту IP00);
- захищені (IP21, IP22);
- краплезахищені (IP23, IP24);
- водозахищені (IP55, IP56);
- пилозахищені (IP65, IP66);

- закриті (IP44, IP54);
 - герметичні (IP67, IP68).
6. За групою експлуатації.

Кожна електрична машина відноситься до певної групи експлуатації, що позначається М1 – М31. Зазначена група характеризує пристосованість машини до роботи в умовах вібрації з певною частотою, до прискорення і ударів.

7. За тривалістю і особливостями роботи машини.

Тривалість і особливості роботи машини характеризується режимом роботи, який вказується в паспорті і позначається буквою S та цифрами від 1 до 8.

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- мікромеханізм, мікропривод, мікромашини;
- механічні зубчасті й фракційні мікропередачі;
- мікроважелі, муфти.

Рекомендована література

1. Мальцев П. П. Нано- и микросистемная техника / Мальцев П. П. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Варадан В. ВЧ МЭМС и их применение / Варадан В. – М. : Техносфера, 2004. – 528 с.

ТЕМА 5. МІКРОСИСТЕМИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ І РУХУ, МІКРОСОПЛА, ПНЕВМАТИЧНІ І ОПТОМЕХАНІЧНІ МІКРОПРИВОДИ РУХУ, «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ» КОМФОРТНІ ПОВЕРХНІ

Мета: отримання знань щодо мікросистем для генерації і перетворення енергії і руху, мікросопел, пневматичних і оптомеханічних мікроприводів руху, «інтелектуальних» комфортних поверхонь.

Мікросистеми функціонально являють собою інформаційно-керівні системи різного призначення, які структурно об'єднують підсистеми збирання і обробки інформації, що генерується дією на виконавчі пристрої, а відтак на об'єкт керування.

До функціональних мікропристроїв інформаційно-керівних систем належать перетворювачі фізичних величин, фільтри, подільники, підсилювачі, перетворювачі, мікроконтролери (процесори), запам'ятовувальні пристрої тощо.

Функціонально виконавчими мікропристроями є мікродвигуни, мікродіодні елементи, мікродзеркала, мікроприводи, виготовлені поверхневою та об'ємною обробкою на поверхні, переважно кристала кремнію.

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- мікросистеми для генерації та перетворення енергії і руху;
- мікросопла, пневматичні і оптомеханічні мікроприводи руху, «інтелектуальні» комфортні поверхні.

Рекомендована література

1. Варадан В. ВЧ МЭМС и их применение / Варадан В. – М. : Техносфера, 2004. – 528 с.
2. Зими́на Т. М. Микросистемная техника и проблемы биомедицинского анализа / Т. М. Зими́на // Микросистемная техника. – 2000. – № 2. – С. 37 – 42.

ТЕМА 6. КОМПОНЕНТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МІКРОСИСТЕМ, МІКРОКЛАПАНИ І МІКРОНАСОСИ, МІКРОЗОНДИ, КЛАСТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ МІКРОСИСТЕМИ, МІКРОХІМІЧНІ ЛАБОРАТОРІЇ, ДІЛЯНКИ МІКРОСКЛАДАННЯ, МІНІФАБРИКИ

Мета: отримання знань щодо компонентів технологічних мікросистем, мікроклапанів і мікронасосів, мікрозондів, кластерних технологічних мікросистем, мікрохімічних лабораторій, ділянок мікроскладання, мініфабрик.

Під кластерами традиційно розуміється об'єднання декількох обчислювальних систем (вузлів), які використовуються як єдине ціле для забезпечення доступу користувачів до додатків, системних ресурсів і даних. Як вузли можуть використовуватися однопроцесорні, симетричні багатопроцесорні машини і машини з масовим паралелізмом. Кластерні рішення забезпечують високий рівень готовності: при виході з ладу одного або навіть декількох вузлів робота додатків може бути продовжена на будь-яких інших вузлах, що входять до складу кластера. При цьому додаткове наван-

таження може бути рівномірно розподілено серед працюючих вузлів кластера. Другим важливим завданням, традиційно розв'язуваним за допомогою кластерних технологій, є збільшення продуктивності системи шляхом додавання в кластер нових вузлів (процесорів, пам'яті, дискових підсистем тощо). Для об'єднання вузлів в кластер використовуються різні сполуки. При цьому лінії зв'язку, що використовуються для обслуговування внутрішніх потреб кластера, називаються приватними, а з'єднання для підключення споживачів – загальними. Очевидно, що кластерні рішення ідеально підходять для забезпечення високої готовності. Перший – базовий рівень готовності системи – може бути забезпечений при використанні окремих обчислювальних систем, два інших – готовність даних і готовність додатків – тільки при кластерних рішеннях високої готовності. При правильній організації такий тип кластера забезпечує резервування всіх з'єднань між компонентами кластера: системами, дисковими масивами і зовнішніми мережами. Крім того, кожен компонент (процесорні модулі, карти пам'яті, блоки живлення, диски і дискові масиви, мережеві інтерфейси тощо) дублюється або забезпечує той чи інший ступінь резервування. Вихід будь-якого компонента кластера ніяк не позначається на роботі кластера в цілому. Сервіси даних, пов'язані з вузлом, що вийшов з ладу, автоматично мігрують на роботоздатний вузол, після чого відбувається рестарт додатків. Всі процеси із відновлення роботи додатків виконуються автоматично.

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- компоненти технологічних мікросистем;
- мікроклапани і мікронасоси;
- мікрозонди;
- кластерні технологічні мікросистеми;
- мікрохімічні лабораторії;
- ділянки мікроскладання, мініфабрики.

Рекомендована література

1. Зими́на Т. М. Микросистемная техника и проблемы биомедицинского анализа / Т. М. Зими́на. // Микросистемная техника. 2000. – № 2. – С. 37 – 42.
2. Она́ми М. Введение в микромеханику / Она́ми М. – М. : Мир, 1987. – 320 с.

ТЕМА 7. МІНІАТЮРНІ АВТОМАТИЧНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, МІНІ- І МІКРОРОБОТИ, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСИСТЕМ, НАНОТЕХНОЛОГІЙ І НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА

Мета: отримання знань щодо мініатюрних автоматичних транспортних систем, міні- і мікророботів для медицини і технічної діагностики, перспектив розвитку і застосування мікросистем, нанотехнологій і наносистемної техніки.

Наноробототехніка посилається на все ще значною мірою гіпотетичну нанотехнологію – технічну дисципліну проектування і будівництва нанороботів. Нанороботи (наноботи, наноїди, наніти або наноніти) можуть бути звичайними пристроями, розміром від 0,1–10 мікрометрів і сконструйованими з нанорозмірних або молекулярних компонентів. Оскільки ще не було створено штучно жодного наноробота, він залишається гіпотетичним поняттям.

Інше визначення – робот, який дозволяє здійснювати точні взаємодії з нанорозмірними об'єктами або може маніпулювати з нанорозмірною роздільною здатністю. Згідно з цим означенням, навіть велика апаратура як, наприклад, атомний силовий мікроскоп, може вважатися наноробототехнічним інструментом, коли налаштований для виконання наноманіпуляцій. Також макроскопічні роботи або мікророботи, які можуть рухатися з нанорозмірною точністю, могли б бути також названими нанороботами.

Наномашини знаходяться, значною мірою, у фазі дослідження і розвитку, але деякі примітивні молекулярні машини були перевірені. Приклад – давач, що має крок приблизно 1,5 нанометрів, здатний до перерахунку специфічних молекул в хімічному зразку. Перше корисне використання наномашин, якщо такі коли-небудь будуть побудовані, можливо, буде в медичній технології, де б вони використовувалися, щоб визначати ракові клітини і знищувати їх.

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- мініатюрні автоматичні транспортні системи: наземні, повітряні, космічні;
- міні- і мікророботи для медицини і технічної діагностики;
- перспективи розвитку і застосування мікросистем;

– нанотехнології і наносистемна техніка.

Рекомендована література

1. Онами М. Введение в микромеханику / Онами М. – М. : Мир, 1987. – 320 с.
2. Агеев О. А. Микроэлектронные преобразователи неэлектрических величин / Агеев О. А. – Таганрог : ТРТУ, 2000. – 256 с.

ТЕМА 8. ТЕХНОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Мета: отримання знань щодо технологічного моделювання та набуття знань у створенні структури проекту.

Моделювання – це особливий пізнавальний процес, метод теоретичного та практичного опосередкованого пізнання, коли суб'єкт замість безпосереднього об'єкта пізнання вибирає чи створює схожий із ним допоміжний об'єкт-замісник (модель), досліджує його, а здобуту інформацію переносить на реальний предмет вивчення.

Моделювання – це процес створення та дослідження моделі, а модель – засіб, форма наукового пізнання.

Моделювання – складна, трудомістка і відповідальна наукова задача. Іноді дослідження за допомогою моделей є єдиною можливим способом експериментального вивчення технологічних процесів. Так, процеси, які тривають багато років, можна вивчати на моделях протягом короткого проміжку часу. І навпаки, швидкоплинні процеси вивчаються на моделях протягом більш довгого часу.

Моделювання різних фізичних процесів виходить з подібності явищ, що розглядаються. Два явища називаються подібними, якщо за характеристиками одного можна одержати характеристики іншого шляхом простого перерахунку. Умовами або критеріями подібності двох явищ є рівності деяких безрозмірних параметрів, які називаються числами або критеріями подібності. Визначення критеріїв подібності при моделюванні процесів, що вивчаються, потребує глибокого знання механізму цих процесів і є досить важкою задачею. При вирішенні цієї задачі усі досліджувані процеси потрібно розділяти на дві суттєво різні групи. До першої групи потрібно віднести процеси і явища, які можна описати рівняннями, до другої, яка становить найбільший інтерес, – процеси і явища, які ще не мають матема-

тичного опису. У випадках, коли рівняння досліджуваних процесів невідомі, числа подібності можна знайти за теорією розмірностей. За наявності диференціальних рівнянь досліджуваних процесів числа подібності легко визначаються як коефіцієнти рівнянь, які подано в безрозмірному вигляді. Природно, що одержання критеріїв подібності за наявності рівнянь значно простіше, ніж за їх відсутності. Тому теорію розмірностей потрібно застосовувати для отримання критеріїв подібності тільки при дослідженні процесів, які не мають математичного опису.

Під моделлю розуміється об'єкт будь-якої природи (подумки уявлена або матеріально реалізована система), котрий, відображаючи чи відтворюючи в певному сенсі об'єкт дослідження, здатний заміщати його так, що вивчення моделі дає нову інформацію про об'єкт.

Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути:

- технологічне моделювання КМОП – маршруту з довжиною каналу 90 нм з використанням середовища SWB-Ligament;
- створення структури проекту.

Рекомендована література

1. Агеев О. А. Микроэлектронные преобразователи неэлектрических величин / Агеев О. А. – Таганрог : ТРТУ, 2000. – 256 с.
2. Лучинин В. В. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Лучинин В. В. . – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 320 с.

Тестові завдання

1. Класи датчиків:

- (?) аналогові та цифрові;
- (?) цифрові та бінарні;
- (!) аналогові, цифрові та бінарні.

2. Датчики вимірюють такі фізичні величини:

- (?) електричні і магнітні характеристики, силу, момент і тиск, рівень заповнення ємкості, концентрацію;
- (?) параметри переміщення, температуру, густину, в'язкість, консистенцію, хімічну чи біохімічну активність;
- (!) електричні і магнітні характеристики, параметри переміщення, силу, момент і тиск, температуру, рівень заповнення ємкості, густину, в'язкість, консистенцію, концентрацію, хімічну чи біохімічну активність.

3. Термопара являє собою:

- (?) два однорідні металеві провідники;
- (!) два різнорідні металеві провідники;
- (?) чотири різнорідні металеві провідники.

4. Всі електричні машини можна класифікувати за:

- (?) призначенням, потужністю, ступенем захисту, тривалістю і особливостями роботи машини;
- (?) родом струму, частотою обертання, групою експлуатації;
- (!) призначенням, родом струму, потужністю, частотою обертання, ступенем захисту, групою експлуатації, тривалістю і особливостями роботи машини.

5. За призначенням електричні машини поділяються на:

- (?) електричні генератори, електромашинні перетворювачі, електромеханічні перетворювачі сигналів;
- (?) електричні двигуни, електромашинні компенсатори;
- (!) електричні генератори, електричні двигуни, електромашинні перетворювачі, електромашинні компенсатори, електромеханічні перетворювачі сигналів.

6. За родом струму електричні машини поділяються на:

- (?) синхронні електричні машини змінного струму, асинхронні електричні машини змінного струму;
- (?) постійного струму, синхронні електричні машини змінного струму;
- (!) постійного струму, синхронні електричні машини змінного струму, асинхронні електричні машини змінного струму.

7. За потужністю електричні машини поділяються на:

- (?) машини малої потужності, машини середньої потужності, машини великої потужності;
- (?) мікромашини, машини малої потужності, машини середньої потужності;
- (!) мікромашини, машини малої потужності, машини середньої потужності, машини великої потужності.

8. За частотою обертання електричні машини поділяються на:

- (?) тихохідні, середньої швидкохідності, швидкісні;
- (?) тихохідні, швидкісні, надшвидкохідні;
- (!) тихохідні, середньої швидкохідності, швидкісні, надшвидкохідні.

9. За ступенем захисту електричні машини поділяються на:

- (?) відкрите виконання, краплезахищені, пилозахищені, герметичні;
- (?) захищені, водозахищені, закриті;
- (!) відкрите виконання, захищені, краплезахищені, водозахищені, пилозахищені, закриті, герметичні.

10. Нанороботи – це пристрої розміром:

- (!) 0,1–10 мікрометрів;
- (?) 10–100 мікрометрів;
- (?) 100–1000 мікрометрів.