

**Методичні вказівки**  
**до виконання самостійної роботи з дисципліни**  
**«Електронні пристрої та системи»**  
**для студентів спеціальності**  
**171 – «Електроніка»**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки**  
**до виконання самостійної роботи з дисципліни**  
**«Електронні пристрої та системи»**  
**для студентів спеціальності**  
**171 – «Електроніка»**

Вінниця  
ВНТУ  
2020

Рекомендовано до друку Методичною Радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 21.11.2019 р.)

Рецензенти:

**С. Т. Барась**, кандидат технічних наук, професор

**О. С. Городецька**, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Електронні пристрої та системи» для студентів спеціальності 171 – «Електроніка» / Уклад. Б. П. Книш. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 16 с.

У методичних вказівках наведено основні теоретичні дані до виконання самостійної роботи з дисципліни «Електронні пристрої та системи» та рекомендовану літературу. Методичні вказівки розроблено відповідно до навчальної програми дисципліни «Електронні пристрої та системи»

---

*Навчальне видання*

**Методичні вказівки до виконання самостійної роботи  
з дисципліни «Електронні пристрої та системи»  
для студентів спеціальності 171 – «Електроніка»**

Укладач *Богдан Петрович Книш*

Рукопис оформив *Б. Книш*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовив *О. Ткачук*

Підписано до друку 17.01.2020 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. № 2020-011.

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. Електромеханізми, електроприводи, електромашини, електропередачі, електроважелі, муфти .....	8
Тема 5. Електросистеми для генерації і перетворення енергії і руху, електросопла, пневматичні і оптомеханічні електроприводи руху, «інтелектуальні» комфортні поверхні.....	9
Тема 6. Компоненти технологічних електросистем, електроклапани і електронасоси, електрозонди, кластерні технологічні електросистеми, електрохімічні лабораторії, ділянки електроскладання, мініфабрики .....	10
Тема 7. Інтелектуальні транспортні електросистеми .....	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 електромеханічних 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 поняття:*

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

– датчики на основі електромеханічних 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 мікроелектромеханічних 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 та дистанційної передачі результатів як датчики застосовують термометри опору й 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 поняття:*

- 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. Ком'ютерні методи в інженерії мікроелектромеханічних 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 й для різної техніки, 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 поняття:*

- 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. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЗМИ, ЕЛЕКТРОПРИВОДИ, ЕЛЕКТРОМАШИНИ, ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ, ЕЛЕКТРОВАЖЕЛІ, МУФТИ**

**Мета:** отримання знань щодо електромеханізмів, електроприводів, електромашин, електропередач, електроважелів, 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:

- електромашини 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 характеризуються режимом роботи, який вказується в паспорті і позначається буквою S та цифрами від 1 до 8.

*Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути поняття:*

- електромеханізм, електропривод, електромашини;
- механічні зубчасті й фрикційні електропередачі;
- електроважелі, 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. ЕЛЕКТРОСИСТЕМИ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ І РУХУ, ЕЛЕКТРОСОПЛА, ПНЕВМАТИЧНІ І ОПТОМЕХАНІЧНІ ЕЛЕКТРОПРИВОДИ РУХУ, «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ» КОМФОРТНІ ПОВЕРХНІ**

**Мета:** отримання знань щодо електросистем для генерації і перетворення енергії і руху, електросопел, пневматичних і оптомеханічних електроприводів руху, «інтелектуальних» комфортних поверхонь.

Електросистеми 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 електропристроїв інформаційно-керівних систем належать перетворювачі фізичних величин, фільтри, подільники, підсилювачі, перетворювачі, електроконтролери (процесори), запам'ятовувальні пристрої тощо.

Функціонально виконавчими електропристроями є електродвигуни, електрорідинні елементи, електродзеркала, електроприводи, виготовлені поверхневою та об'ємною обробкою на поверхні, переважно кристала кремнію.

*Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути поняття:*

- електросистеми для генерації та перетворення енергії і руху;
- електросопла, пневматичні і оптомеханічні електроприводи 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 ЕЛЕКТРОСИСТЕМ, ЕЛЕКТРОКЛАПАНИ І ЕЛЕКТРОНАСОСИ, ЕЛЕКТРОЗОНДИ, КЛАСТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ЕЛЕКТРОСИСТЕМИ, ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ЛАБОРАТОРІЇ, ДІЛЯНКИ ЕЛЕКТРОСКЛАДАННЯ, МІНІФАБРИКИ**

**Мета:** отримання знань щодо компонентів технологічних електросистем, електроклапанів і електронасосів, електрозондів, кластерних технологічних електросистем, електрохімічних лабораторій, ділянок електроскладання, 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 навантаження 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 поєднання. 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 поняття:*

- компоненти технологічних електросистем;
- електроклапани і електронасоси;
- електрозонди;
- кластерні технологічні електросистеми;
- електрохімічні лабораторії;
- ділянки електроскладання, 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. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ ЕЛЕКТРОСИСТЕМИ

**Мета:** отримання знань щодо інтелектуальних транспортних електросистем та особливостей електронних пристроїв і систем, що використовуються для їх побудови.

Використання сучасних досягнень в галузі електроніки та інформаційних технологій управління транспортними електросистемами дозволяє кардинально підвищити ефективність і якість їх роботи. Сучасний етап розвитку таких систем породив новий вид транспортних систем, а саме інтелектуальні транспортні електросистеми.

Інтелектуальна транспортна електросистема – це система, що призначена для автоматизованого пошуку та прийняття найбільш ефективних сценаріїв керування транспортним засобом і його елементів з метою забезпечення мобільності при встановленому рівні якості обслуговування користувачів транспортних електросистем.

Відмітна ознака інтелектуальних транспортних електросистем – автоматичне (або з мінімальною участю оператора) формування керівних впливів в режимі реального часу на об'єкти транспортних електросистем. Для цього в системі має функціонувати зворотний зв'язок, що забезпечує автоматичну передачу оперативних даних про роботу об'єктів транспортного засобу в блок управління. На їх основі за допомогою математичних моделей виробляються прогностичні управлінські рішення, які реалізуються в засобах управління.

У світовій практиці інтелектуальні транспортні електросистеми визнані як ідеологія інтеграції досягнень сучасних методів управління в усі види транспортної діяльності для вирішення проблем економічного і соціального характеру: підвищення ефективності функціонування пасажирського та вантажного транспорту, зниження транспортних витрат, забезпечення транспортної безпеки і поліпшення екологічних показників.

*Під час підготовки до цієї теми необхідно розглянути поняття:*

- особливості будови та принципу роботи інтелектуальних транспортних електросистем;
- принципи організації зворотного зв'язку передачі даних про роботу транспортного засобу;
- сучасні проблеми транспортних систем.

### *Рекомендована література*

1. Кабашкін І. В. Інтелектуальні транспортні системи: інтеграція глобальних технологій майбутнього / І. В. Кабашкін // Транспорт, 2019. – № 2 (27). – С. 34-38.

## **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 математичного 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 поняття:*

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

8. За частотою обертання електричні машини поділяються на:

- (?) тихохідні, середньої швидкохідності, швидкохідні;
- (?) тихохідні, швидкохідні, надшвидкохідні;
- (!) тихохідні, середньої швидкохідності, швидкохідні, 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. Інтелектуальна транспортна електросистема – це:

- (!) система, що призначена для автоматизованого пошуку та прийняття найбільш ефективних сценаріїв керування транспортною засобу з метою забезпечення мобільності при встановленому рівні якості обслуговування користувачів транспортних електросистем;
- (?) система, що призначена для автоматизованого пошуку сценаріїв керування транспортною засобу з метою забезпечення мобільності транспортних електросистем;
- (?) система, що призначена для прийняття сценаріїв керування транспортною засобу з метою забезпечення мобільності транспортних електросистем.