

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра "Експлуатація та ремонт машин"



МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ ТЕХНІКИ В АПК

Методичні вказівки

до лабораторних занять для здобувачів
другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 208 "Агроінженерія"

Друкується за рішенням
кафедри експлуатації та ремонту машин
Протокол № 11 від 17.01.2024 р.

Кропивницький, 2024

Голуб Д.В., Аулін В.В., Кічура Р.П., Ювженко О.Ю. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни "Мехатронні системи техніки в АПК" для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 "Агроінженерія". Кропивницький: ЦНТУ, 2024. 60 с.

Рецензенти: Солових Є.К. – д.т.н., проф. каф. "Експлуатації та ремонту машин";
Черніцький В.В. – директор ФГ "ЧЕРНІЦЬКИЙ".

Автори: Голуб Д.В. – к.т.н., доц. каф. "ЕРМ";
Аулін В.В. - д.т.н., проф. каф. "ЕРМ";
Кічура Р.П. - асп., каф. "ЕРМ";
Ювженко О.Ю. - асп., каф. "ЕРМ".

Відповідальний за випуск, комп'ютерний набір та верстка: Д.В. Голуб

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	4
Вступ.....	5
1. Загальні вказівки до виконання лабораторних занять	6
2. Лабораторні заняття.....	8
2.1. Лабораторне заняття № 1. Техніка безпеки та правила роботи в комп'ютерній лабораторії	8
2.2. Лабораторне заняття № 2. Ознайомлення з мехатронною системою ущільнення сільськогосподарських транспортних машин з датчиком витоку	11
2.3. Лабораторне заняття № 3. Принцип роботи мехатронних підшипників техніки АПК з датчиком обертів	16
2.4. Лабораторне заняття № 4. Мехатронна система ущільнення з датчиком обертів для сільськогосподарської техніки	21
2.5. Лабораторне заняття № 5. Принцип роботи антиблокувальної системи гальм мобільної сільськогосподарської техніки як мехатронної системи	24
2.6. Лабораторне заняття № 6. Побудова стежачої системи управління на прикладі управління дросельною заслінкою транспортних машин АПК.	28
2.7. Лабораторне заняття № 7. Огляд роботи автоматичної коробки передач як комплексного мехатронного модуля руху транспортних засобів АПК.	36
2.8. Лабораторне заняття № 8. Аналіз мехатронних систем сучасних транспортних машин АПК	42
Рекомендована література	55

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ABS – антиблокувальна система гальм

АКПП – автоматична коробка перемикання передач

АПВ – агропромислове виробництво

АПК – агропромисловий комплекс

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання

ЕБК – електронний блок керування

ЕІТ – електронні інформаційні технології

ЕМГ – електромеханічне гальмо

ЕСУД – електронна система управління двигуном

ПК – персональний комп'ютер

ТЗ – транспортний засіб

ВСТУП

Розвиток автоматизації в управлінні транспортом, удосконалення підсистем і вузлів транспортних засобів, впровадження нових інформаційних і електронних технологій, гнучких комп'ютерних систем є відмінними рисами сучасного транспортного комплексу агропромислового виробництва (АПВ).

Нині в транспортних засобах і транспортній системі агропромислового комплексу (АПК) використовуються як механічні, так і електронні інформаційні технології. Тому вирішення завдань аналізу та синтезу транспортного комплексу АПВ в цілому, а також його окремих складових має базуватися на науці, яка розглядає фундаментальні принципи раціонального поєднання цих трьох складових усіх сучасних складних об'єктів. і системи - мехатроніка.

Автопарк АПК нашої країни досить різноманітний і потребує спеціальних заходів щодо вдосконалення його експлуатації. Мехатроніка техніки є продовженням автоматизації управління, удосконалення підсистем і вузлів транспортних засобів, впровадження гнучких комп'ютеризованих систем транспортного комплексу АПВ.

Таким чином, сама мехатроніка визначає наукові принципи аналізу та синтезу технологій і систем, спрямованих на вдосконалення процесів їх функціонування.

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Метою викладання дисципліни є отримання знань, умінь та навичок, що спрямовані на створення та використання на автомобільному транспорті мехатронних підсистем, ланок та комплексів автотранспортних засобів.

Методичні вказівки для лабораторних занять з дисципліни " Мехатронні системи техніки в АПК" призначені для здобувачів напряму підготовки 208 “Агроінженерія” освітньої програми "Технічний сервіс сільськогосподарської техніки".

Дана дисципліна навчає здобувачів основам аналізу та синтезу мехатронних систем в АПК з використанням комп'ютерних систем різних рівнів складності. Здобувачі отримують знання з теоретичних основ трьох основних галузей: механіки, електроніки та інформатики.

Під час вивчення цієї дисципліни здобувачі навчаються працювати із сучасними комп'ютерами, використовуючи різноманітні програмні пакети для створення мехатронних комплексів та підсистем сільськогосподарської техніки.

Сутність цієї дисципліни полягає в освоєнні основних принципів аналізу та синтезу мехатронних систем техніки в агропромисловому комплексі, включаючи теоретичні засади їх розробки та експлуатації, а також вивченні технічного забезпечення мехатронних комплексів, системний аналіз та синтез мехатронних систем і вивчення операцій.

Здобувачам пропонується вісім лабораторних робіт, які охоплюють весь зміст програми дисципліни. Кожна робота містить тему, мету, короткі теоретичні відомості, основні завдання, перелік контрольних питань та рекомендовану літературу.

Під час викладання курсу з виконання комплексу лабораторних робіт здобувачі формують загальне розуміння основних концепцій та ознайомлюються з сучасними мехатронними системами техніки в АПК. Це дозволить майбутнім фахівцям використовувати різноманітні інформаційні технології для виконання задач проектування, виготовлення та експлуатації мехатронних систем транспортного комплексу в АПВ.

Для підготовки до лабораторних занять здобувачі повинні самостійно опрацьовувати рекомендовану літературу та відповіді на контрольні питання. Викладач контролює готовність здобувачів та дає допуск до виконання завдань.

Після виконання завдань кожного лабораторного заняття здобувачем складається звіт, який містить номер, назву та мету заняття, коротку теоретичну інформацію та висновки.

Кожен здобувач захищає свою лабораторну роботу в індивідуальному порядку, відповідаючи на контрольні питання. Якщо робота успішно захищена, вона підписується викладачем, що проводить лабораторні заняття. Збірка захищених робіт є передумовою для складання екзамену з дисципліни "Мехатронні системи техніки в АПК".

2. ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

2.1 Лабораторне заняття № 1

Тема: Техніка безпеки та правила роботи в комп'ютерній лабораторії

Мета заняття: Ознайомитися з технікою безпеки та правилами роботи в комп'ютерній лабораторії

Короткі теоретичні відомості

Під час використання комп'ютерної техніки існує декілька ризиків:

- Проблеми, які пов'язані з електромагнітним випромінюванням;
- Порушення зорових та слухових показників;
- Проблеми, що пов'язані з м'язами та суглобами.

Дозволено працювати з комп'ютером лише особам, які не мають медичних протипоказань, і мають відповідні знання та навички у використанні цієї техніки. Вони також повинні отримати інструкцію з питань безпеки, пожежної та електробезпеки від викладачів, які проводять практичні заняття в комп'ютерному класі.

Робоче місце має бути постійно утримувати в чистоті, не дозволено класти будь-які предмети на комп'ютерну техніку (клавіатуру, системний блок, монітор). Також заборонено споживати їжу та напої, а також ставити посуд з рідинами та їжею на робочому місці. Одяг, взуття та руки мають бути чистими і сухими під час роботи з комп'ютером.

Починати роботу з комп'ютером можна лише з дозволу викладача або лаборанта. Перед цим слід важливо оглянути робоче місце, перевірити надійність провідних і кабельних з'єднань, наявність та справність проводів заземлення. Якщо виявлено будь-які дефекти, комп'ютерну техніку необхідно вимкнути і повідомити про це викладача або лаборанта; самостійний ремонт або обслуговування заборонено.

Вимоги безпеки при роботі на ПК:

1. Тримайте екран монітора на відстані не менше 50 см від користувача.
2. Не працюйте з комп'ютерним обладнанням у верхньому одязі або з мокрими руками.
3. Включайте і вимикайте комп'ютер в суворій послідовності, визначеної паспортом обладнання.
4. Не рухайте і не повертайте системний блок і монітор.
5. Не кладіть сторонні предмети на пристрої персонального комп'ютера.
6. Не торкайтеся з'єднувальних кабелів.
7. Уникайте торкання екрана руками чи іншими предметами.
8. Не відволікайтеся під час роботи.
9. Не підключайте інше обладнання до комп'ютерної техніки поблизу.
10. Тривалість безперервної роботи за комп'ютерною технікою не повинна перевищувати 2 годин, після чого необхідна перерва на 10-15 хвилин.

Вимоги безпеки після закінчення роботи за ПК:

1. Після завершення роботи закрийте всі програми користувача.
2. Закрийте операційну систему та вимкніть обладнання у зворотному порядку.
3. Наведіть порядок у своєму робочому місці, поставте стілець під столом, вирівняйте клавіатуру та акуратно покладіть мишу на килимок для миші.

Повідомляйте викладача або адміністратора про будь-які зауваження або проблеми з використанням комп'ютера.

Основні завдання:

- 1.1. Ознайомитись з теоретичною частиною і зробити запис у лабораторному журналі по техніці безпеки.
- 1.2. Перевірити своє робоче місце та уважно оглянути його перед початком роботи на персональному комп'ютері.
- 1.3. Налаштувати робоче місце відповідно до вищезазначених вимог.
- 1.4. Увімкнути особистий комп'ютер та перевірити роботу програми.
- 1.5. Після закінчення роботи закрити всі програми користувача та вимкнути комп'ютер.
- 1.6. Самостійно надати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Перелічіть чинники ризику при використанні комп'ютерної техніки.
2. Хто може бути допущений до роботи з комп'ютером?
3. Які заходи слід здійснити перед початком роботи за персональним комп'ютером?
4. Які вимоги безпеки потрібно виконувати під час роботи за персональним комп'ютером?
5. Назвіть вимоги безпеки після завершення роботи за персональним комп'ютером.

Рекомендована література: [3, 9, 12, 13]

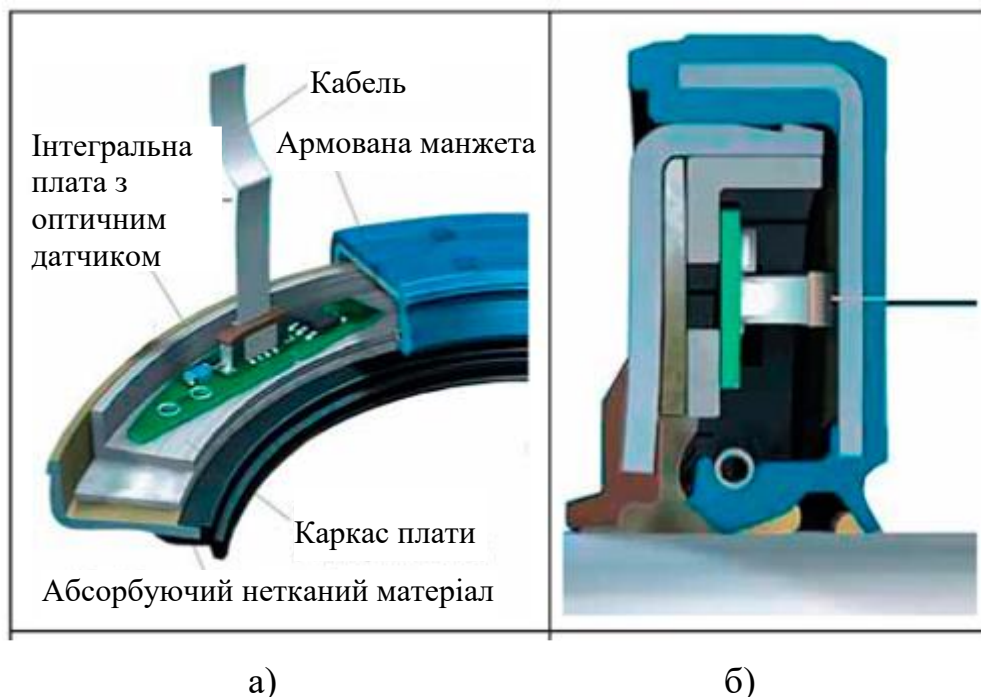
2.2 Лабораторне заняття № 2

Тема: Ознайомлення з мехатронною системою ущільнення сільськогосподарських транспортних машин з датчиком витіку

Мета заняття: Ознайомитися з ущільнюючими пристроями транспортних засобів АПК на основі датчика витіку.

Короткі теоретичні відомості

Більшість сучасних транспортних машин АПК використовують пристрої ущільнювачів, щоб запобігти витіканню мастильного матеріалу з порожнин, що містять мастило, і захистити їх від забруднень ззовні. Пошкодження ущільнення може призвести до серйозних наслідків: витікання мастила, недостатню змащеність механізму, заклинювання або передчасний знос. Традиційне ущільнення можна перевірити лише під час розбирання, що не завжди ефективно. Однак, проблему можна вирішити за допомогою ущільнень з вбудованими датчиками, як показано на рис. 2.1 для модульного ущільнення від компанії Simrit (Німеччина). Працюючи з таким ущільненням, можна виявити протікання та уникнути потенційної несправності.



а) конструкція ущільнення, б) встановлення на вал
Рисунок 2.1 - Вигляд ущільнення з датчиком витіку

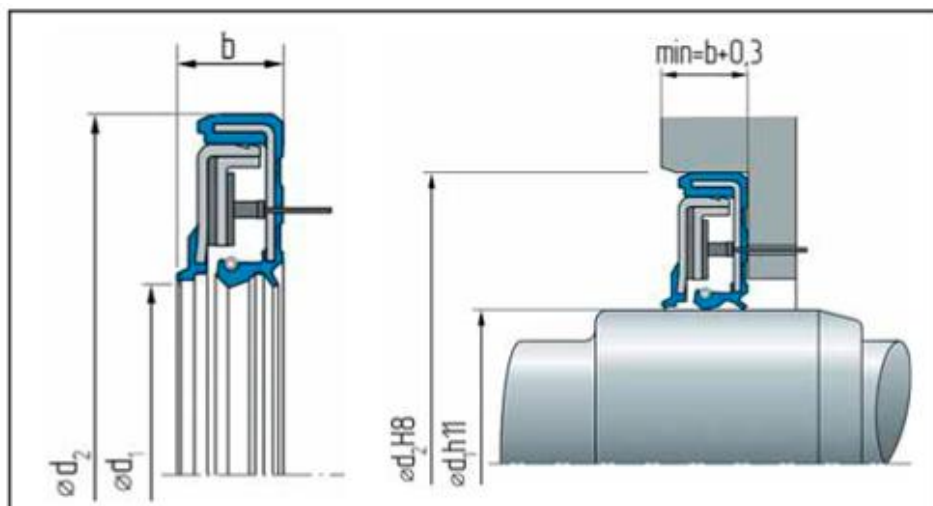
Ущільнення складається з наступних елементів (рис. 1.1, а): армована манжета з пильовиком, інтегральна плата з оптичним датчиком, алюмінієвий або сталевий каркас плати, кільце з нетканого матеріалу для адсорбції мастила і кабель для передачі сигналів. Для забезпечення герметичності не потрібні додаткові ущільнюючі заходи при виведенні кабелю.

Робота ущільнення здійснюється наступним чином: при зносі ущільнюючої кромки, зайве мастило потрапляє всередину манжети, де його адсорбує кільце з нетканого матеріалу. Матеріал, насичений мастилом, змінює свої оптичні властивості. Рівень забрудненості контролюється оптичним датчиком. Коли забрудненість досягає заданого рівня, генерується сигнал про необхідність заміни ущільнення. Цей сигнал може передаватися обслуговуючому персоналу по телефону або через Інтернет. При заміні ущільнення електронна частина може бути встановлена в нову армовану манжету, що дозволяє знизити вартість ремонту.

Мехатронне ущільнення використовується в різноманітних великогабаритних машинах, таких як вітроенергетичні агрегати, ескалатори і промислові редуктори. Вбудовування такого ущільнення в конструкцію агрегатів дозволяє перейти від системи планового ремонту до системи ремонту за станом та попереджати можливі відмови. Саме цей комплекс заходів забезпечує загальне економічне покращення, незважаючи на те, що вартість мехатронного ущільнення значно вище, ніж у звичайних ущільнень.

Ущільнення із вбудованим датчиком витoku доступні в стандартній лінійці продукції компанії Simrit (Німеччина). В таблиці 2.1 представлені геометричні розміри ущільнень MSS1+CM та вимоги до їх посадочних місць. Манжети виготовлені з бутадиєнітрильного каучуку (NBR) або фторкаучуку (FKM). Умови експлуатації включають максимальну швидкість до 6 м/с, робочу температуру 25...100 °C і надлишковий тиск до 0,5 бар.

Таблиця 2.1 - Перелік геометричних розмірів манжет MSS1+CM



d_1 , мм	d_2 , мм	b , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	b , мм
40	80	10	80	125	12
45	85	10	80	170	13
47	90	10	82	120	13
50	80	10	82	160	13
50	90	10	85	140	12
52	100	10	95	125	13
55	90	10	95	145	13
55	100	10	95	170	13
60	110	12	108	140	15
62	120	12	108	170	15
65	100	12	120	150	15
65	120	12	120	180	15
65	140	12	125	160	15
70	110	12	125	200	15
72	140	12	145	190	17
75	130	12	145	230	17

Контроль за станом манжети та виявленням витоків здійснюється за допомогою датчиків ущільнення. Проте, можна також встановлювати інші датчики, які контролюватимуть параметри ущільнюваного середовища. Компанія Simrit розробила концепцію гнучких друкованих плат з ущільнюючими функціями.

Ця продукція може бути використана для будь-якого типу ущільнення, пройшовши через гумову частину. Місце контакту залишається герметичним. Однак основною проблемою була температура вулканізації гуми, яка перевищувала температуру плавлення друкованої плати. Simrit (Німеччина) розробила відповідну технологію та пропонує нове рішення для ущільнень.

На рис. 2.2 наведено ущільнюючу прокладку з приєднаною гнучкою друкованою платою.

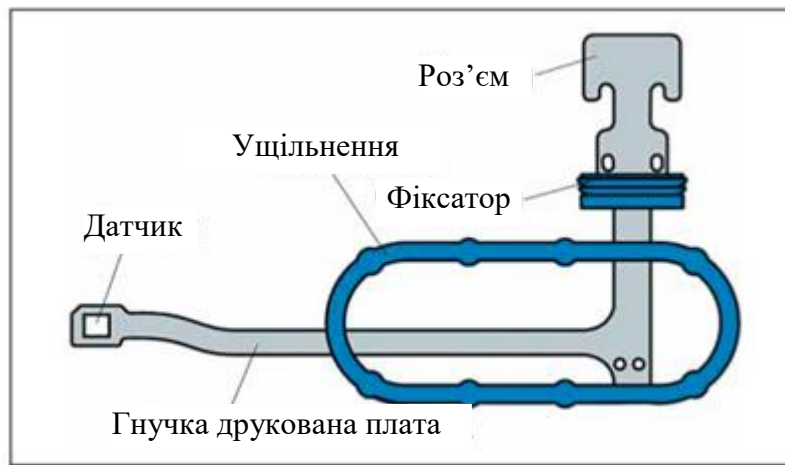


Рисунок 2.2 – Вид сенсорного ущільнення

Складові сенсорного ущільнення включають ущільнювальний елемент, датчик, гнучку друковану плату з провідними доріжками, з'єднувальний роз'єм і фіксатор. Усі ці компоненти об'єднані в один блок і не потребують додаткового ущільнення для доріжок, які проходять через нього. До гнучкої друкованої плати можуть бути приєднані датчики для вимірювання різних параметрів внутрішнього середовища, таких як тиск, температура, а також інші фізичні або навіть хімічні показники. Насьогодні сенсорні ущільнення використовуються в системах впорскування палива і керування двигунами внутрішнього згоряння, компонентах передачі силових потоків та вимірниках рідини.

Для виготовлення гнучких друкованих плат використовують матеріали на основі поліаміду та поліетиленового нафталіну, які мають стійкість до моторного і трансмісійного мастила, дизельного палива та бензину. Вони також здатні витримувати температури до 150°C.

Основні завдання:

2.1. Ознайомитися з автомобільним модульним ущільненням для валу з датчиком витоку, яке виробляє фірма Simrit з Німеччини.

2.2. Ознайомитися з ущільнюючою прокладкою, яка має приєднану гнучку друковану плату.

2.3. Провести аналіз для розуміння конструкції, можливих геометричних розмірів, умов застосування та принципу роботи зазначених вище пристроїв.

2.4. Проаналізувати перспективи подальшого застосування та вдосконалення цих пристроїв у сучасних транспортних машинах сільськогосподарського комплексу.

2.5. Самостійно надати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Які функції виконують ущільнюючі пристрої і які наслідки виникають в разі їх несправності?

2. Які компоненти входять до складу модульного ущільнення для вала з датчиком витoku, виробленого фірмою Simrit з Німеччини?

3. За яким принципом працює та в яких умовах можна застосовувати модульне ущільнення для вала з датчиком витoku від компанії Simrit (Німеччина)?

4. В яких галузях застосовується ущільнююча прокладка з приєднаною гнучкою друкованою платою?

5. Які компоненти входять до складу ущільнюючої прокладки з приєднаною гнучкою друкованою платою?

Рекомендована література: [1-4, 8, 13, 20, 21]

2.3 Лабораторне заняття № 3

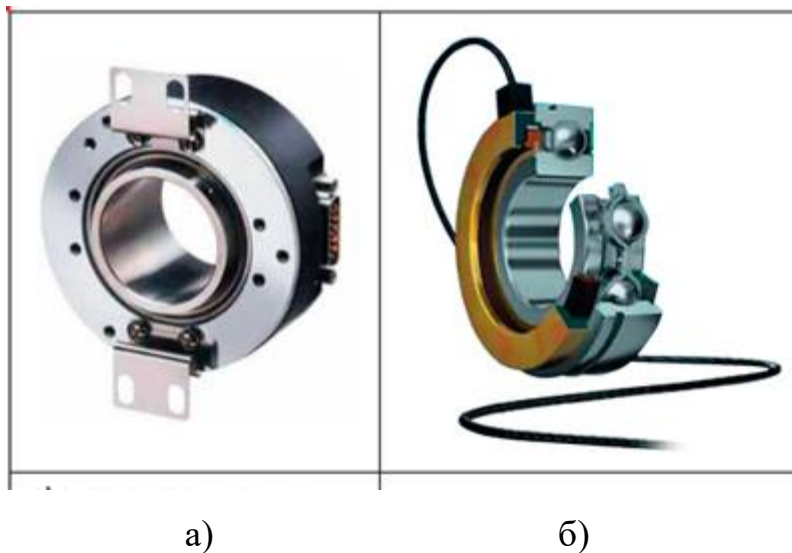
Тема: Принцип роботи мехатронних підшипників техніки АПК з датчиком обертів

Мета заняття: Ознайомитися з принципом роботи мехатронних підшипників транспортних машин АПК з датчиком обертання.

Короткі теоретичні відомості

У мехатронних системах блокам управління необхідно мати точну інформацію про рух деталей і вузлів, що обертаються. Для досягнення цього використовуються датчики обертання різних конструкцій, які монтуються на валах.

На рисунку 3.1 зображений інкрементальний енкодер, який забезпечує контроль за положенням вала.



а) зірочка з індуктивним датчиком; б) мехатронний підшипник SKF

Рисунок 3.1 - Вигляд датчиків обертів

Мехатронні підшипники (рисунок 3.1, б), отримані шляхом вбудовування датчиків обертання в підшипник, представляють альтернативу даній конструкції. Зазвичай такі підшипники забезпечують наступні можливості: вимірювання кількості обертів за хвилину, встановлення швидкості обертання, визначення напрямку обертання, виявлення відносного положення та вимірювання прискорення або уповільнення вісі.

Підшипник з вбудованими датчиками обертання (рисунок 3.2), виробником якого є фірма SKF з Швеції, складається з наступних компонентів: радіального шарикопідшипника із вбудованим ущільненням і канавкою під стопорне кільце, магнітного імпульсного кільця, корпусів датчиків та сполучного кабелю.

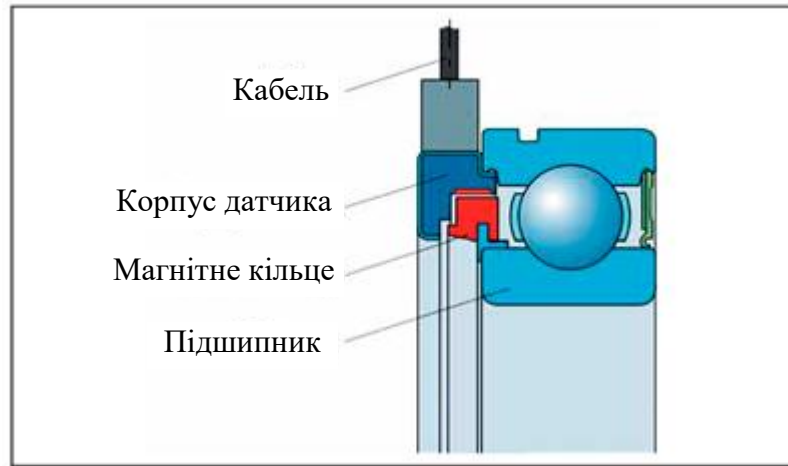


Рисунок 3.2 - Вигляд підшипника з датчиками обертання

Підшипник, який зображено на рисунку 3.2, розроблений для роботи зі змінюваним внутрішнім кільцем та нерухомим корпусом датчиків. Використаний радіальний кульковий підшипник кочення, який відповідає стандарту ISO 15:1998, за винятком збільшеної ширини, необхідної для вбудованих датчиків. З одного боку підшипник захищений вбудованим ущільненням для елементів. З іншого боку, корпус датчиків і магнітне імпульсне кільце створюють лабіринтове ущільнення. Магнітне імпульсне кільце є композитним та розділено на певну кількість північних і південних полюсів в залежності від розмірів підшипника. Воно кріпиться до внутрішнього кільця підшипника. Корпус датчиків кріпиться до зовнішнього кільця підшипника і має в собі два датчики, зміщені один відносно одного. Датчики включають чутливі елементи, засновані на ефекті Холла, та електронні блоки підсилення та перетворення сигналу.

Принцип дії вбудованих датчиків обертів полягає у наступному. При обертанні валу, на який встановлений підшипник, магнітне імпульсне кільце змінює своє положення відповідно до його руху. Датчики Холла фіксують чергування магнітних полюсів і генерують аналоговий сигнал зі змінною амплітудою та частотою, що має синусоїдальну форму (рис. 3.3).

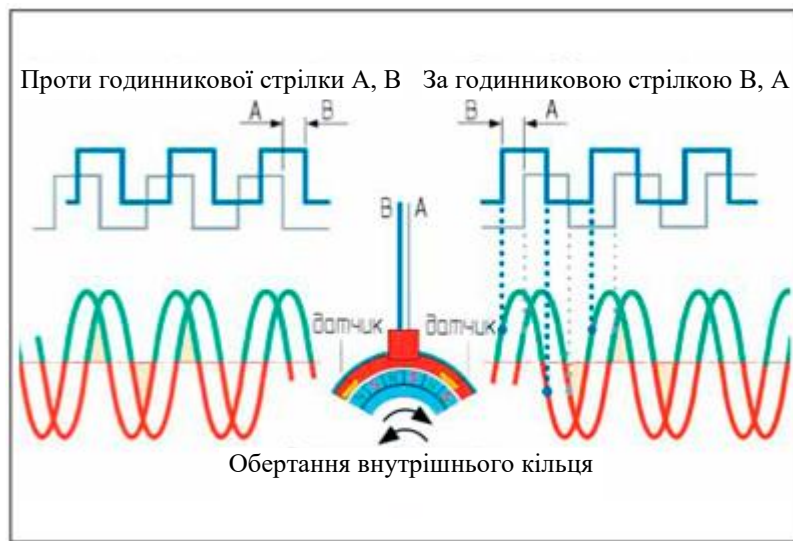
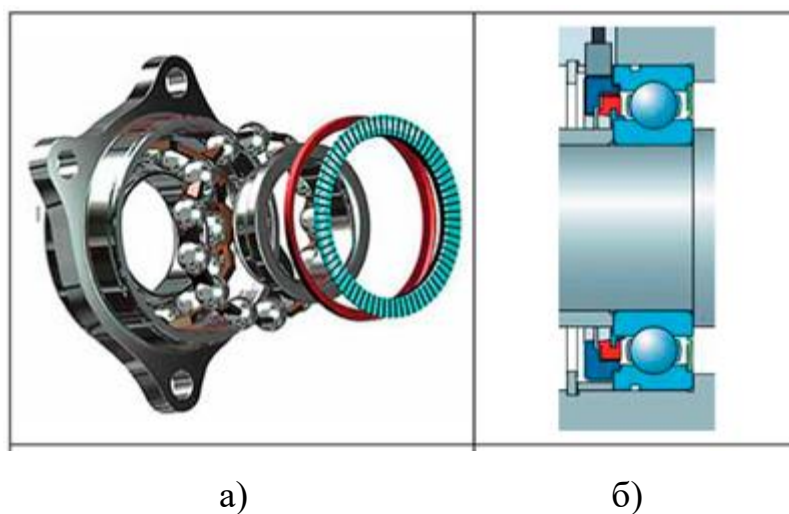


Рисунок 3.3 – Вигляд сигналу датчика

Цей сигнал трансформується за допомогою тригера Шмітта і перетворюється в прямокутні імпульси. Напрямок обертання визначається фазою сигналу. Максимальна точність вимірювань становить 256 імпульсів на оберт, що відповідає роздільній здатності $1,4^\circ$. Прості інкрементальні енкодери також мають таку ж роздільну здатність. Для правильної роботи датчика потрібна стабілізована напруга 5,24 В. Спочатку датчики з вбудованими підшипниками були використані в автомобільній промисловості. Рис. 3.4 зображує підшипник ASB від фірми SNR, який встановлюється в маточину колеса і передає сигнал в системи стабілізації руху транспортного засобу (ABS, ESP).



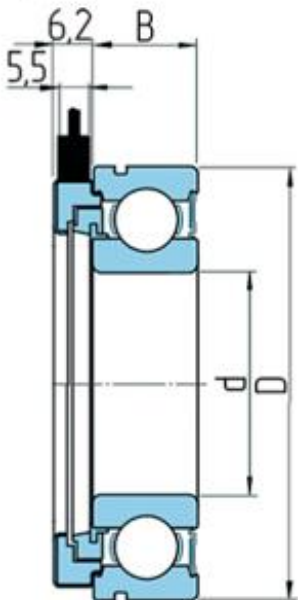
а) автомобільний підшипниковий вузол ASB; б) встановлення промислового підшипника

Рисунок 3.4 - Застосування підшипників з датчиком

На рисунку 3.4 показано приклад промислового підшипника з датчиком. Цей підшипник призначений для фіксації на валу в осьовому напрямку та опору на зовнішньому кільці, яке не має датчиків. З боку датчика встановлюється стопорне кільце і тонкостінна втулка з пазами.

Підшипники з вбудованим датчиком обертів виготовляються серійно. У таблиці 3.1 наведені основні параметри продукції фірми SKF (Швеція). Вибір розміру підшипника здійснюється так само, як і в звичайних підшипниках - залежно від необхідної тривалості роботи. Робоча температура підшипників становить 40 ... 120 ° С. Підшипники заповнені пластичною мастилом на весь термін експлуатації і не потребують технічного обслуговування.

Таблиця 3.1 - Основні параметри підшипників з датчиками обертів



d, мм	D, мм	b, мм	Динаміч- на вантажопі- дійомність C, кН	Статична вантажопі- дійомність C ₀ , кН	Гранична частота обертання n, об/хв	Число полів датчи- ка	Маса, кг
15	35	11	8,06	3,75	13 000	32	0,06
20	47	14	13,5	6,55	10 000	48	0,15
25	52	15	14,8	7,8	8 500	48	0,18
30	62	16	20,3	11,2	7 500	64	0,22
40	80	18	32,5	19	5 600	80	0,40
45	85	19	35,1	21,6	5 000	80	0,44

Основні завдання:

- 3.1. Дослідити використання датчика обертання в підшипниках транспортних машин АПК.
- 3.2. Засвоїти структуру підшипників, їх можливі геометричні розміри, умови застосування та принцип роботи.
- 3.3. Оцінити перспективи подальшого використання та вдосконалення цих пристроїв у сучасному транспортному комплексі АПВ.
- 3.4. Дати самостійні відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Для яких цілей використовуються датчики обертання?
2. Які технічні характеристики можуть бути виміряні за допомогою мехатронних підшипників?
3. Які основні компоненти входять до складу підшипника з вбудованими датчиками обертання?
4. Як працюють вбудовані датчики обертання?
5. Яким чином виконується вибір розміру мехатронного підшипника з вбудованими датчиками обертання?

Рекомендована література: [1-4, 8-10, 13, 20, 21]

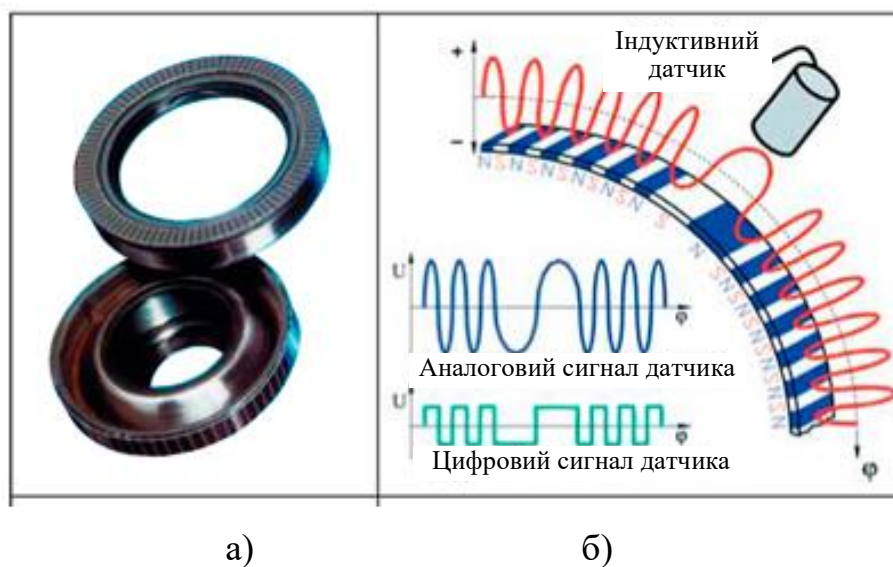
2.4 Лабораторне заняття № 4

Тема: Мехатронна система ущільнення з датчиком обертів для сільськогосподарської техніки

Мета заняття: Ознайомитися з принципом роботи мехатронної системи ущільнення з датчиком обертів для сільськогосподарської техніки.

Короткі теоретичні відомості

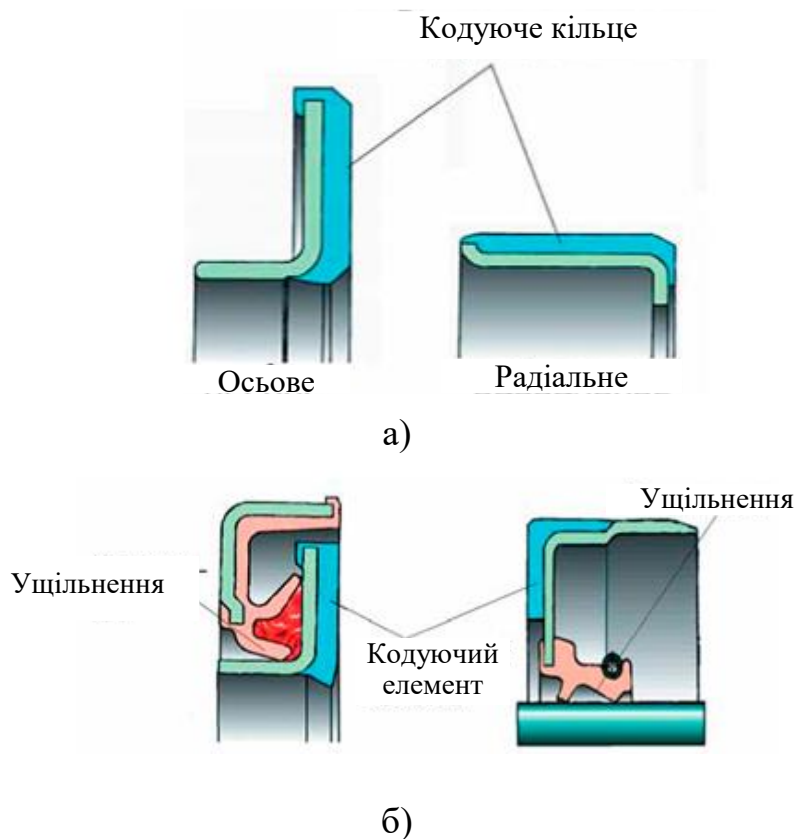
У підшипниках з датчиком обертів використовуються вбудовані ущільнення, одне з яких забезпечує функцію датчика обертів. Однак, у деяких випадках не можливе застосування закритих підшипників, наприклад, в редукторах, коробках передач та двигунах внутрішнього згорання, де використовується рідинне мастило для змащення підшипників. У таких випадках функцію обліку обертів можна доручити зовнішнім ущільненням. Німецька компанія Simrit пропонує таке рішення. Вона розробила технологію впровадження магнітних матеріалів у гумову суміш і створила ущільнення з вбудованим магнітним кодуєм (рис. 4.1, а). Кодуюче кільце складається з металевого диска, на якому розташовані еластомер і феритні частинки. Феритні смуги чергуються магнітними полюсами. Якщо поблизу обертаючогося кільця розташувати індуктивний датчик, буде отриманий дискретний сигнал (рис. 4.1 б).



а) ущільнення з магнітним кодуєм, б) принцип роботи

Рисунок 4.1 - Вигляд магнітного кодуємого кільця

На рисунку 4.2, а показано, що магнітне кодуюче кільце може бути встановлено на деталь, яка обертається, і використовуватися для вимірювання параметрів обертання. Виробник пропонує використовувати кільце з привулканізованою гумовою втулкою для встановлення індуктивного датчика з осьовим або радіальним розташуванням. Магнітне кодуюче кільце також можна вбудувати у складний ущільнювач. На рисунку 4.2, б показано касетний ущільнювач з манжетою, в якій встановлене кодуюче кільце. Датчик обертів встановлюється радіально.



а) кодуюче кільце без ущільнюючої функції, б) ущільнення з кодуючим кільцем

Рисунок 4.2 - Вигляд застосування кодуючих кілець

Використання магнітних кодуючих кілець має деякі переваги. По-перше, вони компактні, що сприяє зменшенню розмірів вимірювального пристрою. Крім того, такі кільця дозволяють збільшити вільний проміжок до 3 мм з похибками у межах 0,6%...1,5%. Також важливо відзначити, що для роботи з таким датчиком необов'язково використовувати магніт, оскільки кодуюче кільце саме створює магнітне поле. Крім того, магнітні кодуючі кільця мають високу хімічну стійкість до мастил, палива, гальмівних рідин, антифризів і можуть витримувати температури до 170°C.

Основні завдання:

- 4.1. Ознайомитися з функцією збільшення щільності за допомогою вбудованого магнітного кодуючого кільця.
- 4.2. Розуміти будову кільця, його можливі геометричні розміри, сферу застосування та принцип роботи.
- 4.3. Проаналізувати потенціал подальшого використання та поліпшення таких пристроїв у сучасних системах техніки в сільському господарстві.
- 4.4. Дати самостійні відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. У яких напрямках використовують магнітні кодуючі кільця?
2. Який склад магнітного кодуючого кільця?
3. Як працюють ущільнення з вбудованим магнітним кодуючим кільцем?
4. Які переваги має застосування магнітних кодуючих кілець для сільськогосподарської техніки?

Рекомендована література: [1-4, 8-11, 13, 20, 21]

2.5 Лабораторне заняття № 5

Тема: Принцип роботи антиблокувальної системи гальм мобільної сільськогосподарської техніки як мехатронної системи

Мета заняття: Ознайомитися з принципом роботи антиблокувальної системи гальм мобільної сільськогосподарської техніки.

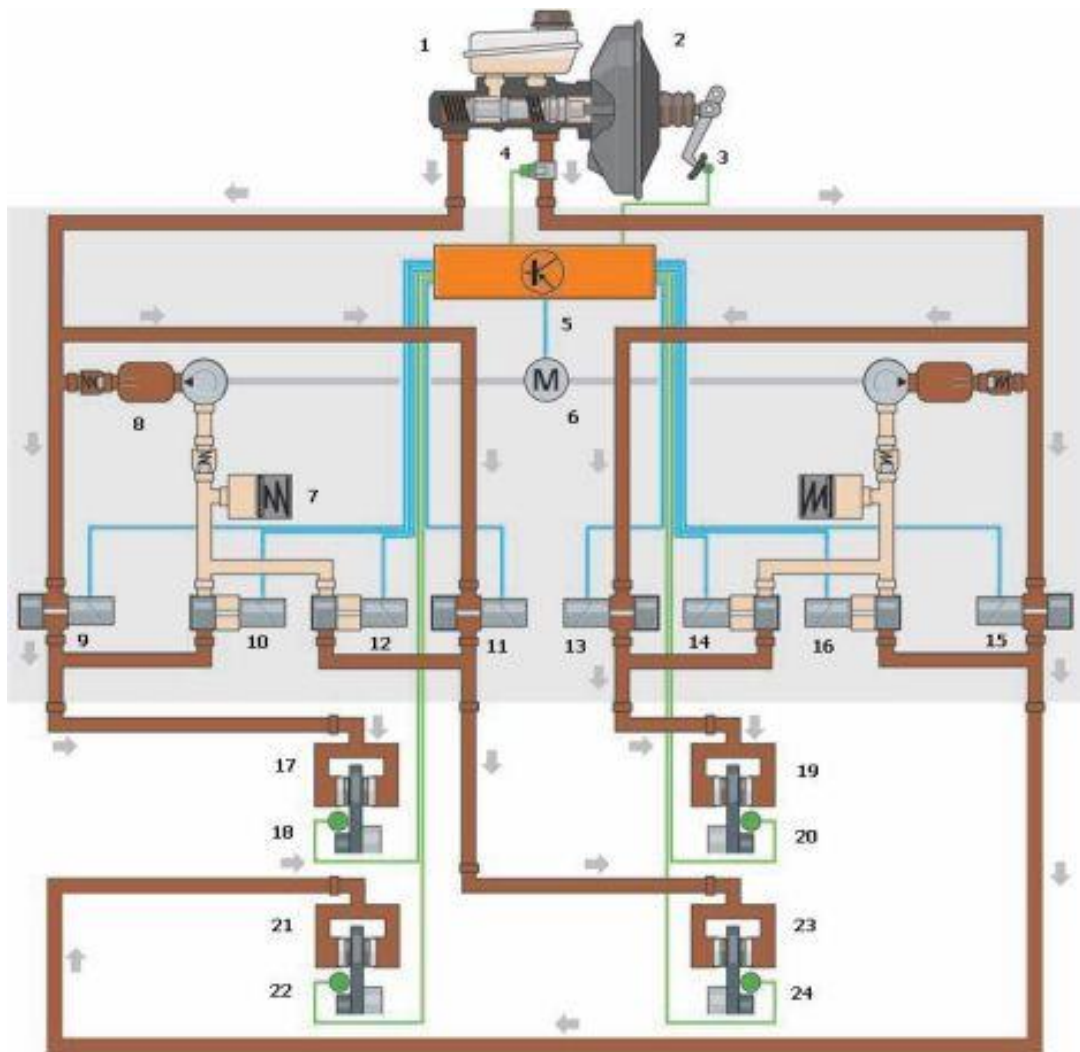
Короткі теоретичні відомості

У разі наглого гальмування мобільної сільськогосподарської техніки може статися блокування одного або кількох коліс, в результаті чого колеса втрачають контакт з дорогою вздовжне. Заблоковане колесо не здатне притягати бічні сили, які допомагають утримувати техніку на заданій траєкторії, і починає ковзати по дороги. Це призводить до втрати керованості транспортного засобу, а навіть невелика бічна сила може спричинити його занесення.

Щоб уникнути блокування коліс при гальмуванні і зберегти керованість, використовується система антиблокувального гальмування ABS (Antilock Brake System), розроблена компанією Bosch (рис. 5.1). ABS встановлюється в штатну гальмівну систему транспортного засобу, не вносячи змін до її конструкції.

Система ABS складається із таких компонентів:

- датчиків кутової швидкості коліс;
- датчиків тиску у гальмівній системі;
- блоку управління;
- гідравлічного блоку;
- контрольної лампи на панелі приладів.



1 - резервуар компенсаційний; 2 - підсилювач гальм вакуумний; 3 - датчик положення педалі гальм; 4 - датчик тиску у гальмівній системі; 5 - блок керування; 6 - насос ручного подавання; 7 - акумулятор тиску; 8 - комора для зниження ковзання; 9 - клапан випускний переднього лівого гальмівного механізму; 10 - клапан випускний приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11 - клапан випускний приводу заднього правого гальмівного механізму; 12 - клапан випускний приводу заднього правого гальмівного механізму; 13 - клапан випускний приводу переднього правого гальмівного механізму; 14 - клапан випускний приводу переднього правого гальмівного механізму; 15 - клапан випускний приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16 - клапан випускний приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17 - циліндр гальмівний передній лівий; 18 - датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19 - циліндр гальмівний передній правий; 20 - датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21 - циліндр гальмівний задній лівий; 22 - датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23 - циліндр гальмівний задній правий.

Рисунок 5.1 - Вигляд схеми антиблокувальної системи гальм ABS

Для встановлення датчика кутової швидкості на кожне колесо використовується спеціальний пристрій. Цей пристрій фіксує поточне значення частоти обертання колеса і конвертує його в електричний сигнал. Блок управління, отримуючи сигнали від датчиків, здатен виявити ситуацію блокування колеса.

Залежно від програмного забезпечення, встановленого в блоку, відбувається формування впливу на електромагнітні клапани та електродвигун насоса зворотного подання гідравлічного блоку системи. Гідравлічний блок включає в себе такі компоненти, як впускні та випускні електромагнітні клапани, акумулятори тиску, насос зворотного подання з електродвигуном, а також демпфуючі камери.

Кожному гальмівному циліндру колеса в гідравлічному блоку відповідають окремі впускні та випускні клапани, які керують процесом гальмування у межах свого контура. Акумулятор тиску призначений для підтримки тиску гальмівної рідини при скиданні в гальмівному контурі.

Коли обсягу тиску у батареї акумуляторів недостатньо, можливе підключення насоса зворотного подання. Цей насос прискорює процес зниження тиску. Демпфуючі камери приймають гальмівну рідину від насоса зворотного подання та приглушують її коливання. Гідравлічний блок включає дві батареї акумуляторів тиску та дві демпфуючі камери для кожного з гідроприводів гальм. Сигнальна лампа на панелі приладів вказує на несправність системи.

Антиблокувальна система гальм працює в циклічному режимі. Цей цикл включає три фази: зберігання тиску, зниження тиску та збільшення тиску. За допомогою електричних сигналів від датчиків кутової швидкості блок управління ABS порівнює кутові швидкості коліс.

У випадку, коли одне з коліс стає заблокованим, блок управління обмежує впуск клапана, що спричиняє закриття випускного клапана. Це забезпечує підтримку тиску в гальмівному циліндрі колеса. При натисканні на педаль гальма після цього, тиск в гальмівному циліндрі колеса не збільшується.

При тривалому блокуванні колеса, блок управління відкриває відповідний випускний клапан, в той час як впускний клапан залишається закритим. Гальмівна рідина переноситься в акумулятор тиску, що призводить до зниження тиску в гальмівному контурі і збільшення швидкості обертання колеса.

У разі недостатньої ємності акумулятора тиску, блок керування ABS підключає насос зворотного подання. Цей насос переміщує тормозну рідину в демпфуючу камеру, зменшуючи тиск у системі. Водій відчуває пульсацію педалі гальма. Коли обертова швидкість колеса перевищує задане значення, блок керування закриває випускний клапан і відкриває впускний клапан. Тиск в тормозному циліндрі колеса збільшується. Цей цикл роботи системи антиблокувального гальма повторюється до завершення гальмування або зняття блокування колеса. Система ABS працює постійно.

Основні завдання:

- 5.1. Ознайомитися з системою антиблокування гальм мобільної сільськогосподарської техніки.
- 5.2. Засвоїти структури та принципу роботи цієї системи.
- 5.3. Проаналізувати можливості покращення даної системи на сучасних технічних засобах в сільському господарстві.
- 5.4. Самостійно дати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Мета використання антиблокувальної системи гальм у мобільній сільськогосподарській техніці.
2. Наведіть структуру антиблокувальної системи гальм мобільної сільськогосподарської техніки.
3. Принципи роботи антиблокувальної системи гальм мобільної сільськогосподарської техніки.

Рекомендована література: [5, 6, 14, 18]

2.6 Лабораторне заняття № 6

Тема: Побудова стежачої системи управління на прикладі управління дросельною заслінкою транспортних машин АПК

Мета заняття: Ознайомитися з принципом роботи стежачої системи управління на прикладі управління дросельною заслінкою транспортних машин АПК.

Короткі теоретичні відомості

Норми викидів, що постійно зростають, призводять до ускладнення електронних систем двигунів внутрішнього згоряння та використання додаткових пристроїв для управління цими системами. Наприклад, для виконання норм ЄВРО-3, ЄВРО-4, у систему управління двигуном (ЕСУД) потрібна функція електронного управління дросельною заслінкою замість традиційного механічного (тросового) управління. З цією метою в ЕСУД вводяться електропривод дросельної заслінки та датчик положення педалі акселератора. У даній роботі досліджується електронна система управління дросельною заслінкою для двигунів ЗМЗ 40524/40904, які відповідають нормам ЄВРО-3, і використовуються в вантажних транспортних засобах. Оскільки прямого механічного з'єднання між педаллю акселератора та дросельною заслінкою немає, потрібна система управління з відстеженням положення дросельної заслінки, яка б враховувала положення педалі акселератора і відповідно регулювала кут повороту заслінки.

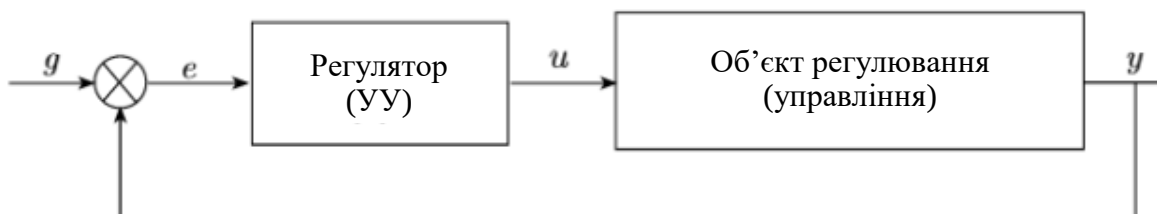


Рисунок 6.1 - Вигляд блок-схеми системи управління із зворотним зв'язком

Блок-схема системи управління із зворотнім зв'язком представлена на рис. 6.1. У цій системі управління дросельна заслінка з електроприводом виступає як об'єкт управління, а регулятором є мікроконтролерна плата Arduino.

Для отримання зворотного зв'язку використовується датчик положення дросельної заслінки. Особливістю цієї системи є те, що задаюча дія g , яка є кутом натиснення педалі акселератора, наперед невідома і визначається водієм.

Таким чином, метою цієї системи управління є відстеження зміни задаючої дії та коригування положення заслінки на відповідний кут. Такі системи управління, де керована змінна у відтворює задаючу дію g , яка може змінюватись довільно, називаються стежачими системами.

Блок-схема системи управління дросельною заслінкою для систем управління двигуном ЄВРО-3 представлена на Рис. 6.2.

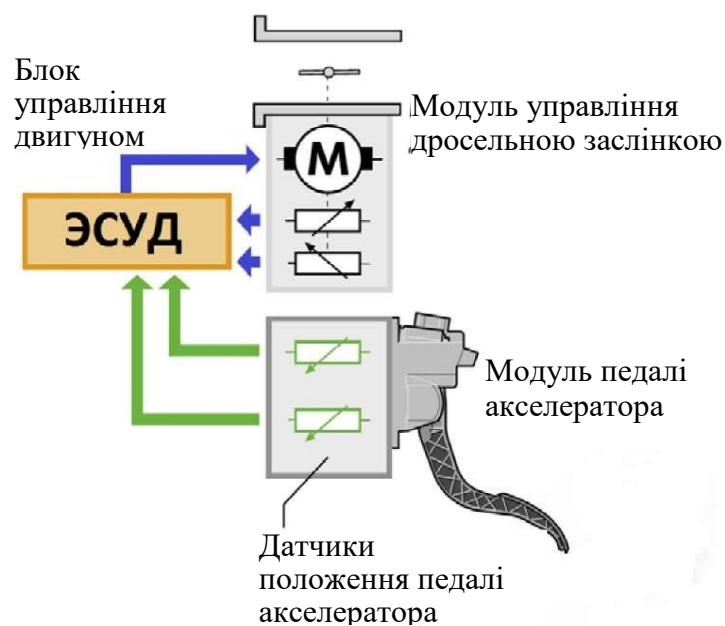


Рисунок 6.2 - Вигляд блок-схеми системи управління дросельною заслінкою

У ЕСУД, використовується резистивний датчик педалі акселератора, що складається з двох незалежних потенціометрів, які механічно пов'язані з педаллю газу. Заслінка рухається за допомогою електродвигуна, який зміщується за допомогою механічного редуктора, що пов'язаний з віссю заслінки.

Два незалежних потенціометри, які також механічно пов'язані з заслінкою, відстежують кут її повороту. Подвійна система датчиків використовується для забезпечення високої надійності роботи і безпеки руху. Кожен датчик використовує лише один потенціометр.

Після запуску двигуна, ЕСУД зчитує та обробляє сигнали від датчиків, які розміщені на двигуні та інших компонентах автомобіля. Це дозволяє керувати дросельною заслінкою, що регулює подачу повітряної суміші в циліндри ДВЗ у всіх режимах роботи.

Під час роботи ДВЗ на холостому ходу, ЕСУД виставляє дросельну заслінку в прочинене положення, регулюючи витрату повітря через дросельний патрубок. Це забезпечує необхідну витрату повітря на холостому ходу. Крім того, система управління забезпечує правильну роботу автомобіля при включенні додаткових навантажень, таких як гідропідсилювач керма, ABS, кондиціонер і т. д. Модуль дросельної заслінки 40624.1148090VDO (рис. 6.3, 6.4), встановлений на автомобіль ГАЗ-3302, складається з корпусу, виготовленого з композитного матеріалу, заслінки з поворотною пружиною та 2-хступінчатого редуктора з електродвигуном. Модуль також має два незалежні датчики для вимірювання положення дросельної заслінки.



Рисунок 6.3 - Зовнішній вигляд дросельної заслінки
40624-1148090 VDO (SIEMENS)

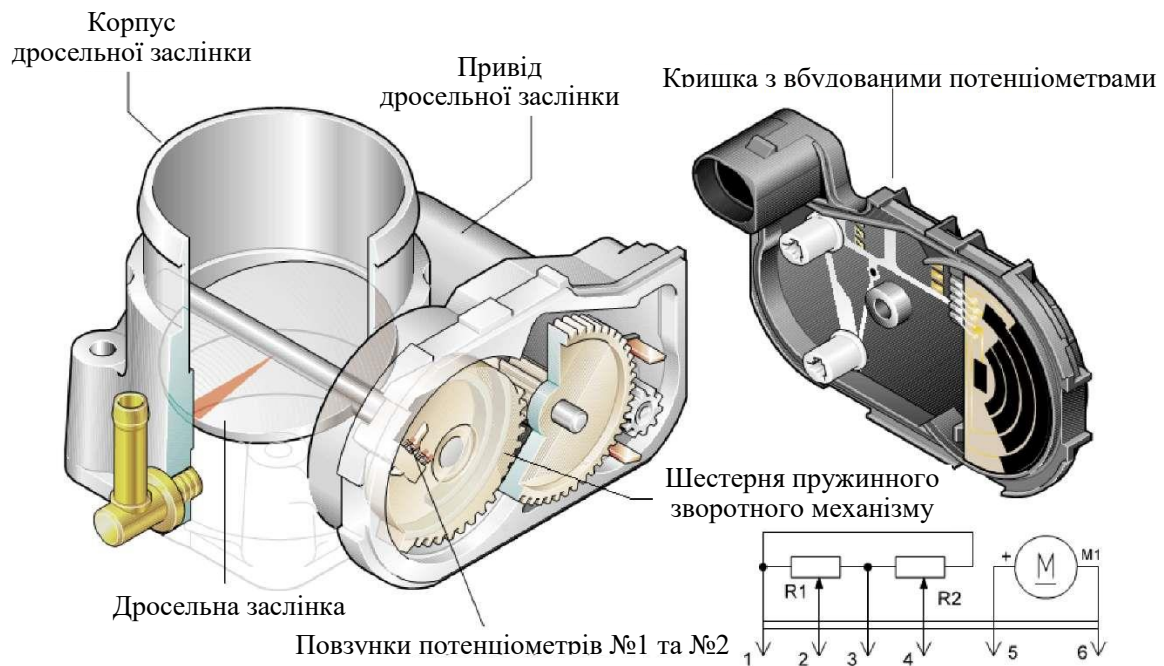


Рисунок 6.4 - Вигляд схема будови автоматизованої дросельної заслінки

Пристрій, що вбудовується в педаль акселератора автомобіля ГАЗ-3302 (рис. 6.5), має датчики кута повороту (рис. 6.6) та виступає як засіб передачі намірів водія щодо зміни швидкості автомобіля у системі управління.



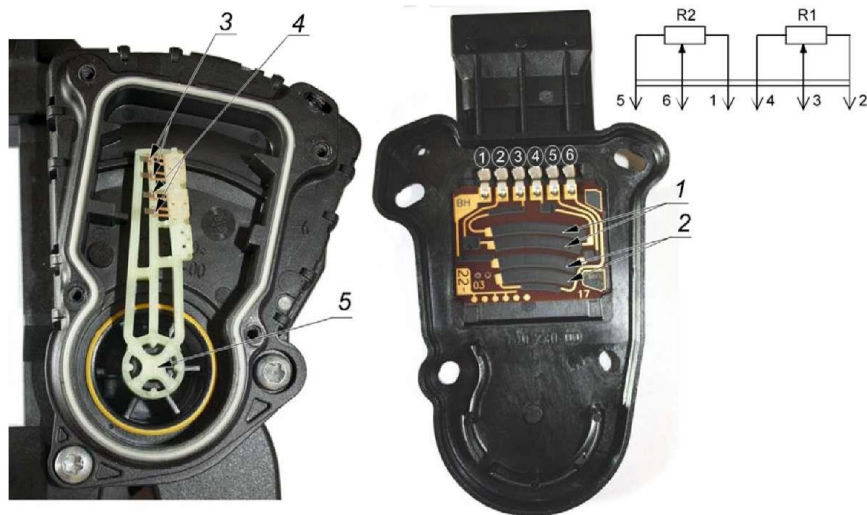
а)



б)

а) зовнішній вигляд; б) установка на автомобілі ГАЗ-3302

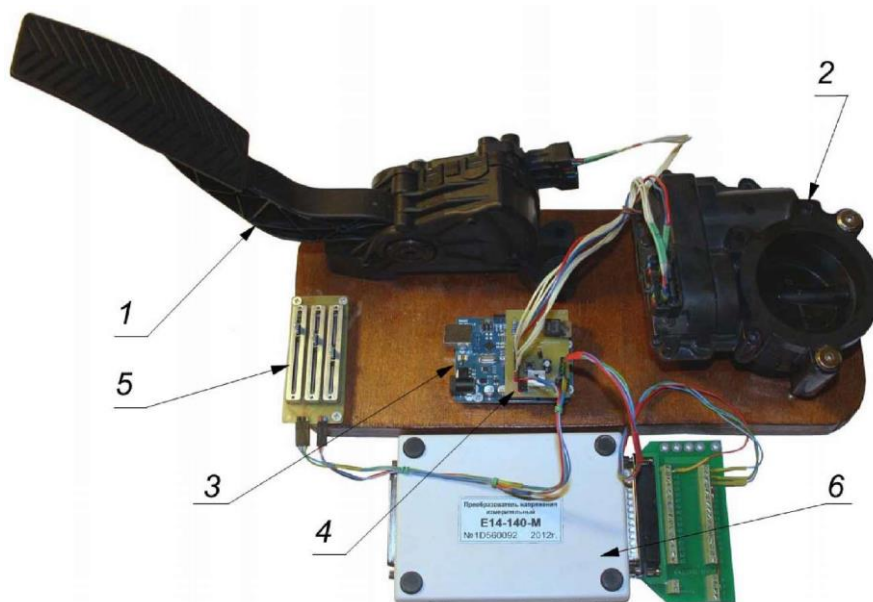
Рисунок 6.5 - Вигляд педалі акселератора



1 - доріжки графітові потенціометра № 1; 2 - доріжки графітові потенціометра № 2; 3 - повзунок потенціометра № 1; 4 - повзунок потенціометра № 2; 5 - поворотна вісь педалі

Рисунок 6.6 - Вигляд будови датчика кута повороту педалі акселератора

На рисунку 6.7 зображено зовнішній вигляд лабораторної установки, яка включає не лише вищезгадані компоненти, але й наступні: плату транзисторного ключа 4 для перемикання електродвигуна, плату потенціометрів 5 для налаштування коефіцієнтів ПД-регулятора, а також модуль аналого-цифрового перетворювача (АЦП) E14-140M, який використовується для збору сигналів із допомогою ноутбука.



1 - акселераторна педаль; 2 - заслінка дроселя; 3 - плата мікроконтролера Arduino; 4 - плата транзисторного ключа; 5 - плата потенціометрів; 6 - модуль АЦП

Рисунок 6.7 - Вигляд лабораторної установки

Принципова електрична схема установки показана на рис. 6.8.

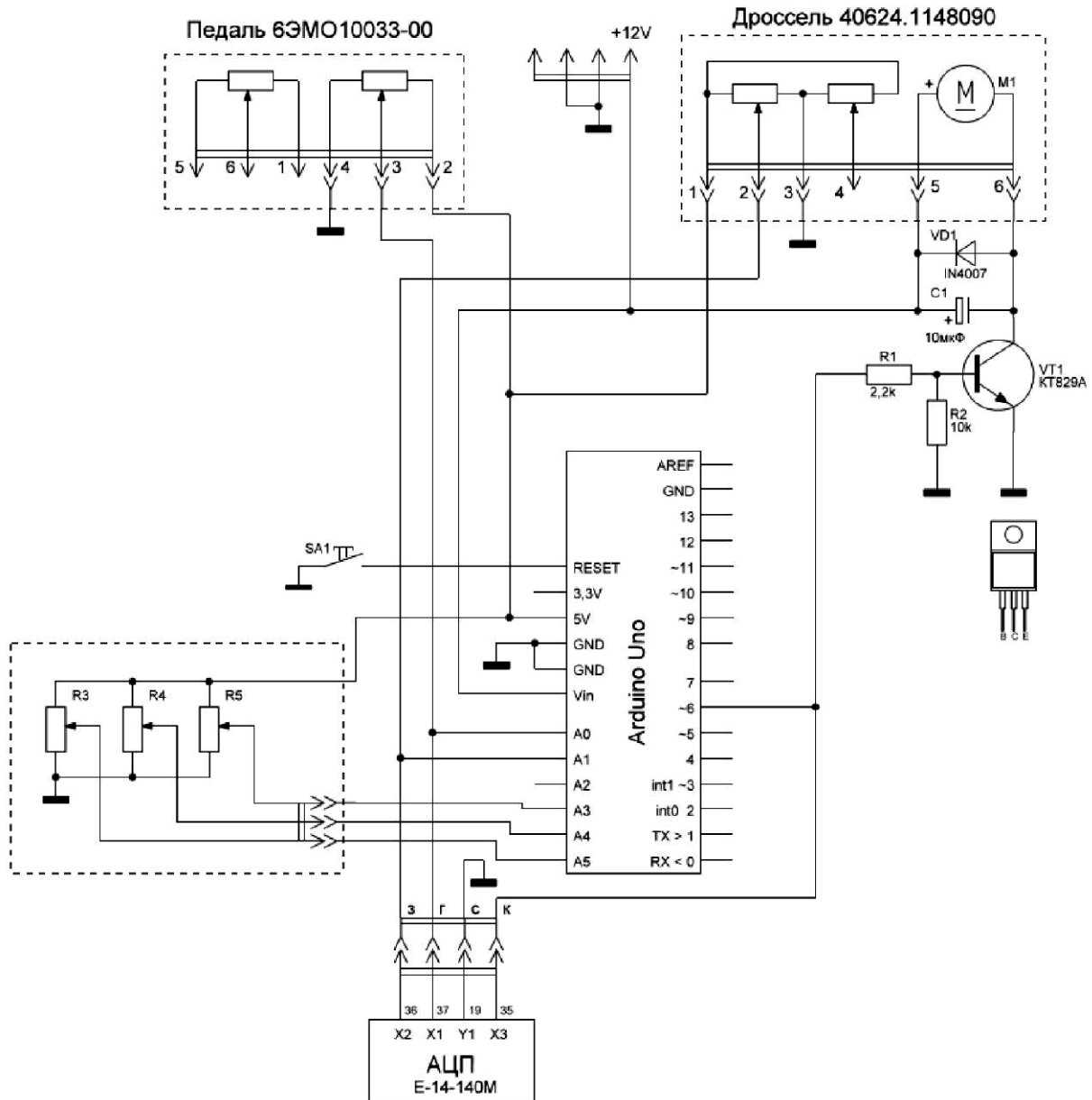


Рисунок 6.8 - Вигляд принципової електричної схеми лабораторної установки

Потенціометри датчиків положення педалі акселератора і кута дросельної заслінки підключені до аналогових входів плати Arduino (A0 та A1). Це дозволяє конвертувати значення напруги на потенціометрах у цифровий формат та обчислювати помилку для створення сигналу управління. Цифрове виведення 6-ї плати Arduino використовується для з'єднання з базою транзистора VT1 через опір. Колектор транзистора з'єднано з електродвигуном

дросельної заслінки. Таким чином, якщо на виведенні 6 встановлений високий рівень сигналу, транзистор відкривається, струм проходить через електродвигун, і заслінка обертається. У випадку, коли на виведенні 6 встановлений низький рівень сигналу, транзистор закривається, струм не протікає через електродвигун, і заслінка повертається в закриті положення під дією поворотної пружини.

Зміна напруги на електродвигуні здійснюється за допомогою широко-імпульсної модуляції (рис. 6.9), яка використовується для керування його роботою.

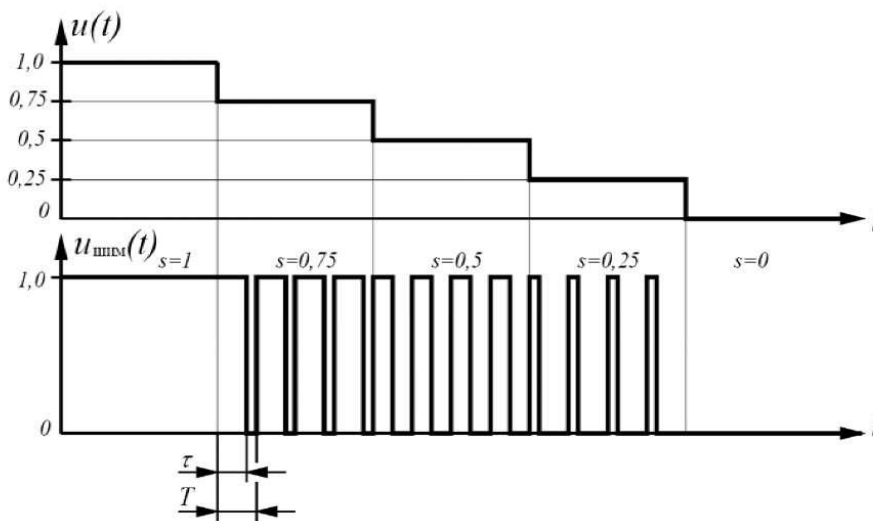


Рисунок 6.9 - Графік широко-імпульсної модуляції

Модуль потенціометрів на платі має три потенціометри движкового типу. Ці потенціометри підключені до аналогових входів плати Arduino A3, A4 і A5. Це дозволяє оцифровувати напругу на них і обчислювати значення коефіцієнтів ПД-регулятора.

Для реєстрації сигналів використовуються три канали модуля АЦП E14-140M. I-й канал використовується для реєстрації сигналу датчика положення педалі акселератора, II-й канал - для сигналу датчика кута повороту дросельної заслінки, а III-й канал - для сигналу ШИМ (сигналу управління). Щоб здійснити реєстрацію даних модулем АЦП, його потрібно під'єднати до комп'ютера за допомогою USB-кабелю та запустити програму LGraph2.

Основні завдання:

- 6.1. Ознайомитися з принципом роботи системи управління тяговою системою на прикладі керування дросельним приводом автомобіля ГАЗ-3302.
- 6.2. Розглянути блок-схеми системи управління зі зворотнім зв'язком (рис. 6.1).
- 6.3. Скласти перелік дій згідно з блок-схемою системи управління дросельним приводом та пояснення її принципу роботи (рис. 6.2).
- 6.4. Ознайомитися зовнішнім виглядом та схемою будови дросельної заслінки 40624.1148090 VDO(SIEMENS) на основі рисунків 6.3 і 6.4.
- 6.5. Дослідження зовнішнього вигляду педалі акселератора автомобіля ГАЗ-3302 та вбудованих датчиків кута повороту за допомогою рисунків 6.5 і 6.6.
- 6.6. Розглянути зовнішній вигляд лабораторної установки (рис. 6.7) та принципову електричну схему (рис. 6.8).
- 6.7. Вивчити зміну напруги, досягнуту шляхом широко-імпульсної модуляції, на основі графіка (рис. 6.9) для управління електродвигуном.
- 6.9. Провести аналіз можливостей покращення даної системи в сучасних автомобілях.
- 6.9. Самостійно надати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Для чого використовується електропривід дросельної заслінки та датчик положення педалі акселератора в транспортних засобах?
2. Як працює система управління зворотнім зв'язком?
3. Як будується та як працює датчик кута повороту педалі акселератора?
4. Як змінюється напруга при керуванні електродвигуном за допомогою широкоімпульсної модуляції?

Рекомендована література: [5-7, 14, 18, 19, 22]

2.7 Лабораторне заняття № 7

Тема: Огляд роботи автоматичної коробки передач як комплексного мехатронного модуля руху транспортних засобів АПК

Мета заняття: Ознайомитися з принципом роботи автоматичної коробки передач транспортних засобів АПК.

Короткі теоретичні відомості

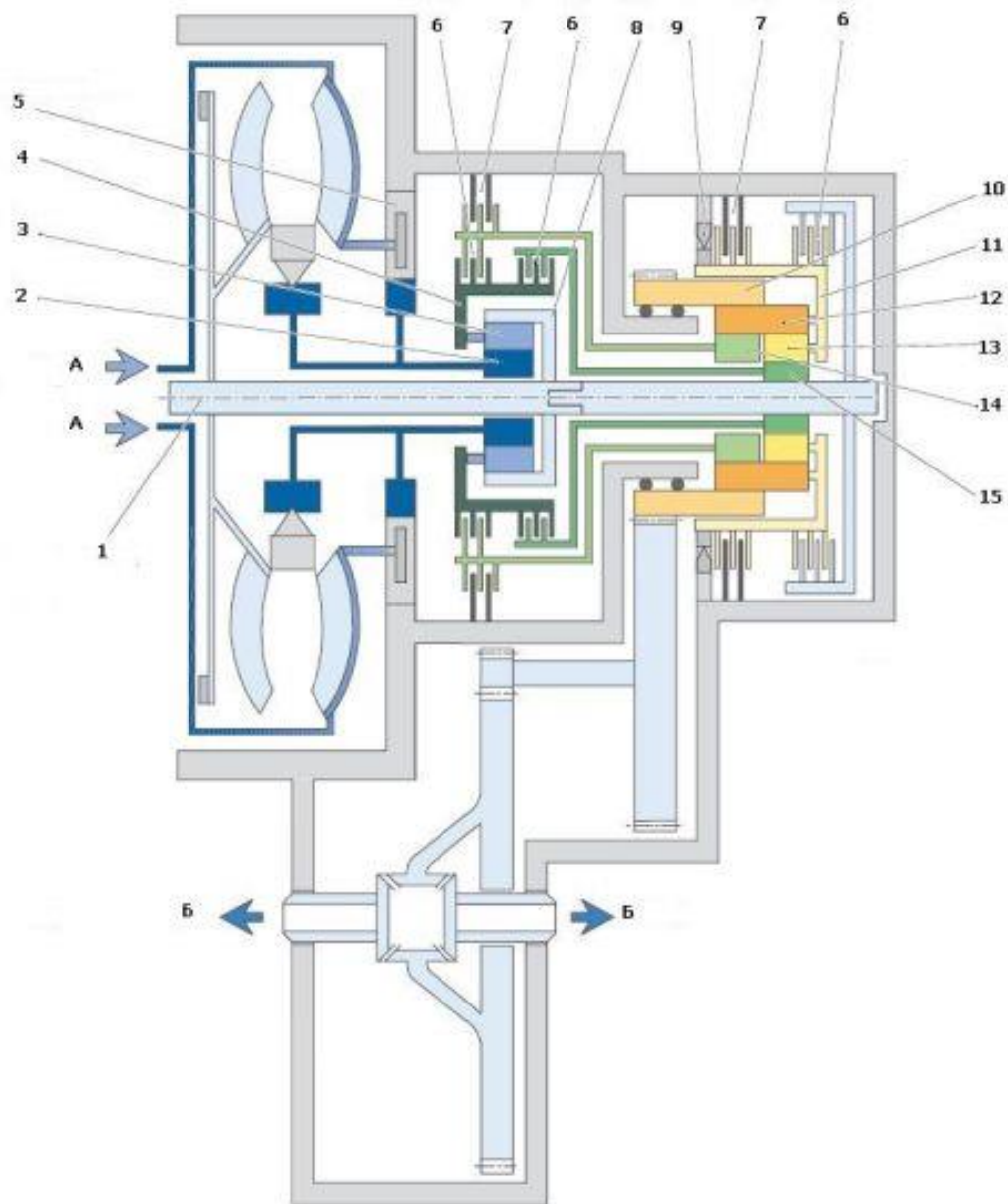
Автоматична трансмісія (АКПП) (рис. 7.1) є найпоширенішим пристроєм для зміни крутного моменту в автомобільних трансмісіях. Традиційно, цей тип трансмісії називають гідромеханічною коробкою передач. Автоматична трансмісія складається з наступних компонентів:

- насос робочої рідини;
- гідротрансформатор;
- механічна коробка передач;
- система управління;
- система охолодження робочої рідини.

Головна передача і диференціал включені в конструкцію коробок-автоматів, які встановлюються на передньопривідні легкові автомобілі. Гідротрансформатор призначений для передачі і зміни крутного моменту від двигуна до механічної коробки передач.

Конструкція гідротрансформатора включає насосне колесо, турбінне колесо, реакторне колесо, блокувальну муфту, муфту вільного ходу і корпус гідротрансформатора.

Насосне колесо з'єднане з колінчастим валом двигуна, турбінне колесо пов'язане з механічною коробкою передач, а нерухоме реакторне колесо розташовується між насосним і турбінним колесами. Всі колеса гідротрансформатора обладнані лопатями специфічної форми, між якими є канали для проходу робочої рідини.



1 - турбінний вал; 2 - сонячна шестерня планетарного ряду; 3 - сателіти планетарного ряду; 4 - водило планетарного ряду; 5 - насос шестеренчастий; 6 - муфта фрикційна; 7 - гальмо фрикційне; 8 - коронна шестерня планетарного ряду; 9 - муфта обгінна; 10 - коронна шестерня подвоєного планетарного ряду; 11 - водило подвоєного планетарного ряду; 12 - довгі сателіти подвоєного планетарного ряду; 13 - короткі сателіти подвоєного планетарного ряду; 14 - велика сонячна шестерня подвоєного планетарного ряду; 15 - мала сонячна шестерня подвоєного планетарного ряду; А - підведений крутний момент; б - відбір потужності

Рисунок 7.1 - Вигляд схеми автоматичної коробки передач

Блокувальна муфта служить для затримання руху гідротрансформатора в певних режимах автомобіля. Муфта вільного ходу, також відома як обгінна муфта, дозволяє реакторному колесу рухатися в протилежному напрямку. Усі компоненти гідротрансформатора розташовані в корпусі, заповненому спеціальною робочою рідиною. Робота гідротрансформатора здійснюється у замкнутому циклі. Рідина спочатку надходить на насосне колесо, потім переключається на турбінне колесо та рухається до реакторного колеса. Завдяки конструкції лопатей реактора швидкість рідини збільшується. Потік рідиною спрямовується на насосне колесо, змусивши його обертатися швидше, що призводить до збільшення крутного моменту.

Мінімальна швидкість роботи гідротрансформатора визначає максимальний крутний момент, який він може виробляти. Зі збільшенням обертової швидкості колінчастого валу двигуна, кутові швидкості насосного і турбінного коліс збігаються, що призводить до зміни напрямку потоку рідини. У цей момент відбувається включення муфти вільного ходу, і реакторне колесо починає обертатися. Гідротрансформатор працює в режимі гідромуфти, передаючи крутний момент. Якщо швидкість продовжує зростати, здійснюється блокування гідротрансформатора, при цьому блокуюча муфта замикається, і передача крутного моменту від двигуна до механічної коробки передач відбувається безпосередньо.

Автоматична коробка передач (АКПП) використовує механічну коробку передач для поетапного змінювання крутного моменту та забезпечення руху автомобіля заднім ходом. Зазвичай, в автоматичних коробках передач використовуються планетарні редуктори, які відрізняються компактністю та можливістю спільної роботи з іншими елементами. Механічна коробка передач складається з одного або декількох планетарних редукторів, які з'єднані послідовно для спільної роботи. Це поєднання планетарних редукторів дозволяє досягти необхідної кількості передач. Сучасні автоматичні коробки передач можуть мати від шести до восьми передач, наприклад,

шестиступенчасті, семиступенчасті (у Mercedes) або навіть восьмиступінчасті (у Lexus).

Планетарний редуктор, розташований у коробці передач, називається планетарним рядом. Він складається з сонячної шестерні, супутників, коронної шестерні та водила.

Умови обертання передаються шляхом блокування одного або двох елементів планетарного ряду, таких як сонячна шестерня, коронна шестерня або водійка. Це досягається за допомогою фрикційних муфт і гальм. Фрикційна муфта блокує елементи планетарного ряду один з одним, що забезпечує передачу крутного моменту. Гальмо утримує конкретні елементи, з'єднуючи їх з корпусом коробки передач. Управління фрикційними муфтами і гальмами здійснюється гідроциліндрами, що керуються розподільним модулем. У самій конструкції коробки передач може бути використаний обгінний механізм, який утримує водило від обертання у протилежному напрямку. Таким чином, для перемикання передач в автоматичній коробці передач використовуються фрикційні муфти і гальма. Робота автоматичної коробки передач базується на виконанні певного алгоритму щодо включення і виключення фрикційних муфт і гальм. Шестеренний насос, з силовою маточиною гідротрансформатора, забезпечує циркуляцію робочої рідини в автоматичній коробці передач.

У системі АКПП здійснюється охолодження робочої рідини. Охолодження робочої рідини може відбуватися за допомогою охолоджувача, що входить до системи охолодження двигуна. Деякі моделі коробок передач мають окремий радіатор для робочої рідини. У сучасних автоматичних коробках передач використовується електронна система управління, що складається з наступних складових частин:

- вхідних датчиків;
- електронного блоку управління коробкою передач;
- розподільного модуля;
- важіля селектора.

У системі застосовуються наступні датчики:

- частоти обертів на вхід коробки передач;
- частоти обертів на вихід коробки передач;
- температур робочої рідини;
- положень важелю селектора;
- положень педалі екселератора.

Управляючий модуль коробки передач обробляє сигнали від датчиків та генерує сигнали для розподільного модуля. У своїй роботі управляючий модуль використовує програму "Fuzzy logic" (розпливчаста логіка), яка дозволяє гнучко визначати моменти переходу на вищу або нижчу передачу. Управляючий модуль коробки передач взаємодіє з управляючим модулем двигуна, що також входить до системи управління двигуном.

Розподільний модуль складається з електромагнітних клапанів для перемикання передач, регулювання тиску робочої рідини і вибору режимів роботи. Електронний блок управління коробкою передач контролює роботу електромагнітних клапанів. Важіль селектора активує золотники-розподільники. Важіль селектора безпосередньо керує АКПП. Для вибору потрібного режиму роботи коробки важіль переводиться в певне положення:

- P - режиму паркування;
- R - режиму заднього ходу;
- N - нейтрального режиму;
- D - руху вперед в режимі автоматичного перемикання передач;
- S - спортивного режиму.

Функція "Кік-Даун" (Kick-Down) доступна на окремих коробках передач і дозволяє різко прискорити транспортний засіб шляхом швидкого перемикання передач вниз. Деякі моделі автоматичних коробок також оснащені функцією ручного перемикання передач, відомою як Тіптронік (Tiptronic).

Основні завдання

- 7.1. Ознайомитися з блок-схемою автоматичної коробки передач (рис. 7.1).
- 7.2. Розглянути принцип роботи автоматичної коробки передач ТЗ.
- 7.3. Проаналізувати перелік конструктивних елементів електронної системи управління.
- 7.4. Дослідити перелік датчиків, що застосовуються у даній системі та їх призначення.
- 7.5. Дослідити з перелік режимів роботи автоматичної коробки передач.
- 7.6. Зробити аналіз перспектив можливого удосконалення даної системи на сучасних ТЗ АПК.
- 7.7. Самостійно надати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Визначення автоматичної коробки перемикачів передач в транспортних засобах.
2. Структура автоматичної коробки перемикачів передач в транспортних засобах.
3. Принцип функціонування автоматичної коробки перемикачів передач в транспортних засобах.
4. Перелік компонентів електронної системи керування автоматичною скринькою перемикачів передач.
5. Описати датчики, що використовуються в системі та пояснити їх призначення.
6. Які режими роботи автоматичної коробки перемикачів передач в транспортних засобах ви знаєте?

Рекомендована література: [5-10, 17, 18 ,23-25]

2.8 Лабораторне заняття № 8

Тема: Аналіз мехатронних систем сучасних транспортних машин АПК

Мета заняття: Розглянути та проаналізувати мехатронні системи сучасних транспортних машин АПК згідно варіанту завдань.

Короткі теоретичні відомості

Автомобільний транспорт є найбільш комп'ютеризованим видом з наземних транспортних засобів, що використовуються в агропромисловому комплексі країни. В даний час, до 40% вартості транспортних засобів визначається електронними компонентами і програмним забезпеченням, а 90% нововведень в автомобілях пов'язані з електронними системами. Сучасні транспортні засоби, що використовуються в агропромисловому виробництві, можуть мати до 70 процесорів, а витрати на програмне забезпечення становлять від 50% до 70% в процесі створення нових електронних систем транспортних засобів. Фактично, сучасний автомобіль - це комп'ютер на колесах.

Життєво важливі функції, такі як управління двигуном, гальмами, рульовим управлінням і системами безпеки, обслуговуються спеціалізованими операційними системами реального часу, що мають високу надійність.

На рисунку 8.1 можна побачити зображення загального вигляду сучасного транспортного засобу (ТЗ) і його основні системи управління. За їх функціональним призначенням, всі мехатронні системи ТЗ поділяються на три основні групи: системи управління двигуном, системи управління трансмісією і ходовою частиною, а також системи управління устаткуванням салону. Система управління двигуном, в свою чергу, поділяється на системи управління бензиновим і дизельним двигунами. Залежно від призначення, вони можуть бути монофункціональними або комплексними.

Монофункціональні системи ЕБК надсилають сигнали тільки до системи впорскування. Впорскування може здійснюватися двома способами: постійним поданням палива і імпульсами. При постійному поданні палива його кількість залежить від зміни тиску в топливопроводі, а при імпульсному - від тривалості і частоти імпульсу.



1 - система контролю тиску в шинах; 2 - регулювання положень кузова з пневмоприводом; 3 - система динамічного контролю керування; 4 - електронна система регулювання жорсткості амортизаторів; 5 - електронне стоянкове гальмо; 6 - система цифрової електроніки керування двигуном; 7 - система активного круїз-контролю; 8 - система динамічного стабілізування; 9 - система перемикання коробки передач

Рисунок 8.1 - Загальний вигляд різних мехатронних систем сучасного вантажного ТЗ

У складних системах один електронний блок керує кількома підсистемами, такими як система впорскування палива, запалення, фази газорозподілу, самодіагностики і інші.

Система електронного управління дизельним двигуном контролює параметри, такі як кількість палива, яке впорскується, час початку впорскування, струм свічки запалювання та подібне.

В основному, автоматична трансмісія є об'єктом регулювання у електронній системі управління трансмісією. На основі сигналів, що поступають від датчиків кута відкриття дросельної заслінки та швидкості ТЗ ЕБК, система вибирає оптимальне передатне число трансмісії, підвищуючи паливну економічність та керованість. Це поліпшення експлуатаційних характеристик ТЗ є наслідком розвитку електронних систем управління

двигуном та трансмісією. Таблиці 8.1 та 8.2 наводять приклад виконання завдання з аналізу мехатронних систем ТЗ.

Таблиця 8.1 - Опис функцій та призначення різноманітних мехатронних систем сучасного вантажного автомобіля

Назва мехатронної системи	Функціональне призначення мехатронної системи
1	2
1. ABS - антиблокувальна система гальм, оснащена електромеханічним гальмом для стоянки.	Мехатронна система, яка запобігає блокуванню коліс під час гальмування, дозволяючи водію продовжувати керувати транспортним засобом у критичних ситуаціях. Вона також допомагає досягти оптимальної ефективності гальмування на різних типах дорожнього покриття.
2. EDS - електронна система блокування диференціала	Забезпечує підтримку водія транспортного засобу при рушанні з місця та під час прискорення на обледенілій дорозі.
3. ASR - протибуксовочна система	Понижує крутний момент, коли обидва ведучих колеса пробуксовують, шляхом зменшення потужності двигуна. В таких ситуаціях налаштовується обмеження потужності двигуна, щоб передавався лише необхідний крутний момент для переміщення транспортного засобу.
4. EBV - електронний регулятор розподілення гальмівних сил	Включає в собі механічні функції, які регулюють тиск гальм, проте працює більш точно і має більший діапазон налаштування, що зменшує ймовірність заносу транспортного засобу.

1	2
5. ESP - система електронної стабілізації	Новаторська система безпеки ходової частини, яка забезпечує стабілізацію транспортного засобу в будь-яких дорожніх ситуаціях. Вона включає в себе додаткові датчики, що аналізують реальне поведінку транспортного засобу.
6. Система контролювання повітря в шинах	Система дозволяє водію бути в курсі тиску повітря в шинах і, якщо він опускається нижче встановленого рівня, на щитку приладів появляється сигнал, інформуючий про це.
7. Area View - система контролювання навколишнього простору	Шляхом контролювання відстані перед автомобілем та за ним, система спрощує процес контролю руху та паркування.
- ADR - адаптивний круїз-контроль з функцією автоматичного рушання з місця і регулювання дистанції	Може розпізнавати транспортні засоби на сусідніх смугах руху та попереду і позаду автомобіля.
- Side Assist - помічник зміни смуги руху	Контролює простір перед автомобілем при зупинці
- Front Assist - система контролювання дистанції	Розпізнає інші освітлені об'єкти при русі автомобіля в нічний час.
- система допомоги паркування	Забезпечує контролювання мертвих зон навколо транспортного засобу.
- помічник руху по смузі	Скорочення зупиночного шляху.

1	2
- Dynamic Light Assist - динамічний помічник освітлення	Функції системи включають у себе запобігання засліпленню фарами зустрічних водіїв та розподіл світлового потоку, в залежності від рівня освітлення навколишнього середовища.
8. ProActiv - елементи пасивної безпеки	Елементи конструкції автомобіля призначені для зменшення важкості наслідків дорожньо-транспортної події.
9. Climatronic - кліматична установка	Шляхом регулювання температури повітря, що перебуває в салоні транспортного засобу, дана система забезпечує комфортні умови для водія. Інтервал регулювання температури становить від 16 до 29,5 градусів Цельсія. Також забезпечується обігрів салону за рахунок залишкового тепла, а також надається можливість ручного управління режимом рециркуляції повітря. Крім того, можна вручну очистити лобове скло від льоду, а також використовувати електрообігрів заднього і лобового скла.
10. Система керування пневмопідвіскою	Система замкнутої пневмопідвіски, забезпечує комфортніше переміщення автомобіля по нерівностях дороги. Вона покращує прохідність транспортного засобу, регулюючи висоту просвіту. Крім того, вона підвищує стійкість і маневреність автомобіля. Надає можливість постійного регулювання жорсткості підвіски в залежності від стану дороги.

Таблиця 8.2 - Звідний перелік мехатронних систем транспортного засобу

Найменування мехатронної системи	Елементи конструкції мехатронної системи	Характеристики елементів мехатронної системи
1	2	3
1. ABS	Гідромодуль з блоком керування ABS і з зворотним насосом, що об'єднані в єдиний вузол	Двоконтурна система гальм. Насос двоступінчатий гідравлічний, демпфуючі камери, акумулятори, 4 випускних і випускних клапана, зворотні клапани. Блок керування, який реалізує наступні функції: - ABS Plus; - ABS; - HVV(система сповільнення задніх коліс); - HBA (гідравлічний гальмівний помічник); - автовключення аварійного сигналізування; -ESP; - Overboost - компенсування падіння ефективності гальмування при нагріві; - просушування дисків гальм; - стабілізація руху автомобіля; - Roll Over Prevention CROP - функція запобігання перекиданню; - Prefill - попереднє накачування гідравлічної системи; - ASR - система антипробуксовочна;

		- MSR - система керування крутним моментом при гальмуванні двигуном; - ECD - електронна система контролювання сповільнення (динамічне аварійне гальмування); - EDS - електронне блокування диференціалу; - помічник руху на спуску; - AUTO HOLD - система, що дозволяє утримання автомобіля на місці, навіть при ненатиснутих гальмах
	Датчики частоти обертання колес	Активні, засновані на принципах ефекту Холу або магніторезистивного ефекту
	Блок керування електромеханічним гальмом	Декілька процесорів, є датчики, реагуючі на поперечні і подовжні прискорення автомобіля та на прискорення обертання навколо вертикальної осі
	Датчик положень педалі зчеплення	Налічує датчики, що реагують на положення педалі зчеплення
	Датчик тиску гальмівної п'єзоелектричної системи	Налічує датчики, що реагують на зміни тиску в гальмівній системі
	Датчик гальмівних сигналів	Стандартний вимикач з двох позицій «ввімкнено-вимкнено»

	Електронасос підсилювача приводу гальмування вакуумного типу	Створює загальний блок з головним гальмівним циліндром
2. EDC	Є програмним розширенням та включає в себе датчики, генератори імпульсів, електронні блоки керування і пристрої виконавчої системи.	Електронне керування дизелями забезпечує точне налаштування параметрів паливного впорскування в різних умовах експлуатації.
3. EBV	Є програмним розширенням, яке включає в себе комплекс електронних датчиків, розроблених для функціонального розширення ABS.	Система електронного розподілу гальмівних сил, шляхом використання електроніки, контролює рух і поведінку всіх коліс незалежно одне від одного. Вона регулює гальмівні зусилля відповідно до сили натиску на педаль гальма та ваги автомобіля.
4. ASR / ESP	ESP і ABS блоки об'єднані в один блок управління.	Антиблокувальна та антипробуксовочна системи керуються найскладнішим пристроєм, який контролює тягу та управління дросельною заслінкою. Електронний блок керування отримує інформацію від різних датчиків.

	Датчик кута повороту колеса рульового	Здійснює свою роботу з використанням фотоелектричного сенсора
	Датчик положень педалі акселератора	Фіксує положення педалі акселератору
	Блок датчиків: поперечного та подовжнього прискорень та датчик швидкості повороту автомобіля	Датчки працюють за ємнісним принципом та використовують принцип резонансу
5. Система контролювання тиску повітря у шинах	Блок керування із вбудованою антеною	Дані з датчиків передаються за допомогою радіосигналу низької частоти LF (Low Frecuency)
	Колісні датчики у шинах	Колінні ніші містять опитувальні передавачі, відповідальні за контроль за тиском у шинах.
6. Area View - система контролювання зовнішнього простору	Камера р(оздільна здатність VGA)	Роздільна здатність становить 640x480 пікселів, кут огляду становить 190°, блок формування зображення використовується як сенсор, діапазон робочих температур становить від 40 до 850C.
	Блок керування електронної інформаційної системи	Екран панелі керування, що відображає індикатори та передає інформацію

	Датчик повздожнього розгойдування	Кут повздожнього розгойдування використовується у обробці зображень, отриманих камерою.
	Парковочний датчик	Тип ультразвуковий
	Датчики радарного типу у бампері	4 модулі антен радіолокацій, що опрацьовують сигнали на частоті 77 ГГц, працюють як датчики, які мають дальність дії 200 метрів. Зокрема, ці антени оснащені вбудованою системою підігрівання, яка може підтримувати температуру в діапазоні від -5 до +5 0C. Крім того, кут огляду по горизонталі становить 400.
7. ProxActiv - система пасивної безпеки	Фронтальні, а також верхні і бічні подушки безпеки	Літрові подушки безпеки спрацьовують зі швидкістю менше 25 м/с, забезпечуючи захист водія від потенційних ударів.
	Комплекс датчиків: удару під передніми фарами, тиску у передніх дверцятах, прискорення в задніх дверцятах	Датчики ємнісних типів в арках

	Реверсивні предналягувачі ременів безпеки	Піротехнічний електричний предналягувач, керують налягувачами ременів безпеки
8. Climatronic - кліматична установка	Компресор, що включає в себе DC/AC інвентор	Аксіально-поршневого типу односторонньої дії з 7-ми поршнями і похилим диском, за рахунок якого відбувається зміна робочого об'єму компресора, тобто його продуктивності
	Сервопривід управління повітряними заслінками на основі постійного струму	Електродвигуни із вбудованими датчиками положення потенціометрів
	Фотодатчики температури сонячного випромінювання	Датчики активного типу з застосуванням кремнієвого фотодіода та напругою живлення - 5 В. Використовуються для керування температурних заслінок та продуктивності вентилятора
	Датчик контролю якості повітря	Реагують на відновлювані і окислювані гази: окисли азоту і вуглецю та використовуються для включення автоматичного режиму рециркуляції
	Датчик контролю вологості повітря	Тонкоплівковий ємнісний датчик, що здійснює контроль вологості повітря

Таблиця 8.3 - Варіанти завдань аналізу мехатронних систем по марках ТЗ

№ варіанту	Марка ТЗ	№ варіанту	Марка ТЗ
1	SHACMAN F3000	11	MAN 26.420 TGS 3S
2	MA3-6501B9-8420	12	ISUZU NQR-90
3	HOWO (SITRAK) C7H	13	Volvo FH12.380
4	КамАЗ-45143	14	Renault Magnum
5	Volvo FM 12	15	DAF XF 105
6	Scania P410	16	JAC N200
7	DAYUN CGC1140	17	DAYUN CGC1140
8	IVECO AD340T45	18	SITRAK C7H
9	SCANIA P450	19	FORD TRUCKS 3542D
10	MERCEDES-BENZ AROCS 3243	20	DAEWOO NOVUS CL4DX

Основні завдання:

1. Згідно з варіантом завдань відповідно до порядкового номеру в журналі і таблиці 8.3 розглянути конструкцію і принципи роботи мехатронних модулів транспортної техніки, що обслуговує агропромислове виробництво.

2. Відповідно до прикладу, що наведений в таблиці 8.1 встановити перелік мехатронних систем транспортної техніки АПК та їх функціональне призначення.

3. Сформувати звідну таблицю з зазначенням технічних характеристик та елементів конкретної мехатронної системи обраного за варіантом ТЗ, відповідно до прикладу, що наведений в таблиці 8.2.

4. Зробити аналіз розглянутих мехатронних систем транспортної техніки АПК та можливість їх удосконалення.

5. Самостійно дати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Які сучасні мехатронні системи в автотранспортних засобах ви знаєте?
2. Наведіть класифікацію мехатронних систем в автотранспортних засобах за їх функціональним призначенням.
3. Які функції виконує електронний блок керування в мехатронних системах автотранспортних засобів?
4. Назвіть основні функції управління автотранспортними засобами, які є найбільш важливими.
5. На які системи здійснюється розподіл управління двигуном автотранспортних засобів?

Рекомендована література: [5-10, 12, 16-18 ,21, 23-25]

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Антощенко Р.В., Нанка О.В., Лебедєв А.Т., та ін. Мехатронні системи автомобілів і тракторів: підручник. Харків: ХНТУСГ, 2020 р. 219 с.
2. Алексієв О.П., Алексієв В.О., Суярко Ю.М. Автомобільна мехатроніка: термінологічний словник. Харків: ХНАДУ, 2000. 38 с.
3. Алексієв В.О., Алексієв О.П., Ніконов О.Я. Мехатроніка, телематика, синергетика у транспортних додатках: навч. посібн. Х.: ХНАДУ, 2011. 212 с.
4. Артюх О.М., Дударенко О.В., Кузьмін В.В. та ін. Основи мехатроніки: навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 372 с.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В. Обґрунтування механізму функціонування мехатронної системи склоочищення автомобіля. Кропивницький: ЦНТУ, 2023. Вип. 7(38). Ч.1 С. 167-176.
6. Бронштейн М.І. Електронне управління двигуном, трансмісією і ходовою частиною автомобіля: навч. посібник. Харків: ХГАДТУ, 2001. 150 с.
7. Віниченко В.С. Мікропроцесорні засоби на транспорті. Харків: ХДАМГ, 2002. 215 с.
8. Голобородько О.О., Коробочка О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту. Харків: ТОВ «СМІТ», 2006. 300с.
9. Грабченко А.І., Клепиков В.Б., Доброскок В.Л. та ін. Вступ у мехатроніку: навч. посібник. Х.: НТУ "ХПІ", 2014. 274 с.
10. Мигаль В.Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навч. посібник. Х.: Майдан, 2017. 314 с.
11. Павленко Т.П., Шавкун В.М., Козлова О.С., Лукашова Н.П. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 116 с.
12. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Мехатроніка. Навчальний посібник. К., 2012. 357 с.
13. Загарій Г.І., Ковзель Н.О., Поддубняк В.І. та ін. Програмуємі контролери для систем управління. Харків: Регіонінформ, 2001. 316 с.
14. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2010. 230 с.

15. Копитчук М.Б., Дащенко О.Ф., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та ін. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобілів: навч. посіб., О.: Наука і техніка, 2012. 392 с.
16. Andrew J. Kurdila. Dynamics and control of robotic systems. Hoboken : John Wiley & Sons Ltd, 2020. 517 p.
17. Clifford A. Pickover. Artificial intelligence. An illustrated history. New York: Sterling Publishing Co., Inc., 2019. 268 p.
18. Fijalkowski B.T. Automotive mechatronics: operational and practical issues. Heidelberg : Springer, 2011. Volume I. 612 p.
19. Konrad Reif. Automotive mechatronics. Automotive networking, driving stability systems, electronics. Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2015. 549 p.
20. Levent Güvenc, Bilin Aksun Güvenc, Burak Demirel. Control of mechatronic systems. London : The Institution of Engineering and Technology, 2017. 217 p.
21. Patrick Kaltjob. Mechatronic Systems and Process Automation. Boca Raton : CRC Press, 2018. 468 p.
22. Robert H. Bishop. Mechatronic Systems, Sensors, And Actuators. Boca Raton : CRC Press, 2007. 656 p.
23. William Bolton. Mechatronics: electronic control systems in mechanical and electrical engineering. Harlow: Pearson, 2015. 663 p.
24. Панков А.О., Аулін В.В., Голуб Д.В. Розробка мехатронного програмно-апаратного комплексу регулювання норми висіву. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 28-29 березня 2018 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2018. С. 311-313.
25. Панков А.О., Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. та ін. Розробка інтелектуального мехатронного модуля для системи управління дозуванням. Збірник тез Дванадцятої міжнародної науково-практичної конференції "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ПРТК-2019)", 21-22 травня 2019 року, Київ, Україна. К.: НАУ, 2019. 173-175.
26. Яглінський В. П., Іоргачев Д.В. Моделювання динамічних процесів роботизованого виробництва. Одеса : АстроПрінт, 2004. 234 с.

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Навчально-методичне видання

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ ТЕХНІКИ В АПК

Методичні вказівки
до лабораторних занять для здобувачів
другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 208 "Агроінженерія"

Укладачі: Д.В. Голуб,
В.В. Аулін
Р.П. Кічура
О.Ю. Ювженко

Тиражування на різнографі: В.В. Абрамова

Підписано до друку 13.01.2024 р. Здано до тиражування 17.01.2024 р.

Формат 60x86 1/16. Папір газетний.

Ум. друк. арк. 3. Тираж 50 прим. Зам. № 112/2024 р.

© РВЛ ЦНТУ, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8. Тел.: 390-541, 390-551.