

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «Аналіз і обґрунтування вибору давача швидкості обертання  
колінчастого вала двигуна»

Виконав: студент VII курсу групи Ат-71

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Назар ДІЛЬНИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 629.113.066.

## РЕФЕРАТ

«Аналіз і обґрунтування вибору датчика швидкості обертання колінчастого вала двигуна». – Дільний Н.Г. – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів і тракторів. - Дубляни, -Львівський НУП, 2024. 67 с. текст. 5 част. 17 рис., 1 табл., бібл. 22.

Мета даної роботи дослідити та провести аналіз вибору датчика швидкості обертання колінчастого вала двигуна як важливого компонента системи управління автомобільним двигуном.

Задачі роботи: Визначення вимог до роботи датчика швидкості обертання з урахуванням функціональних особливостей автомобільного двигуна та систем управління.

Огляд типів сенсорів. Дослідження різних типів датчиків швидкості обертання колінчастого вала, їхні переваги та недоліки.

Аналіз впливу на систему управління. Визначення взаємодії датчика швидкості з іншими компонентами системи управління, виявлення його впливу на ефективність та екологічні показники.

Провести аналіз переваг і недоліків сенсорів визначення параметрів обертання

Визначити найбільш прийнятний сенсор і проаналізувати його.

Зробити висновки.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ПИТАННЯ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....	9
1.1 Обґрунтування важливості вибору правильного давача швидкості обертання колінчастого валу двигуна .....	9
1.2 Аналіз системи керування двигуном і роль давача обертів.....	10
1.3 Обґрунтування теми роботи і задачі.....	13
2 АНАЛІЗ ДАВАЧІВ ОБЕРТІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В АВТОМОБІЛЯХ.....	16
2.1 Давачі обертів які використовуються в автомобілях .....	16
2.2 Принцип роботи давачів обертів автомобіля .....	22
Висновки до розділу.....	32
3 ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І МОЖЛИВОСТЕЙ СЕНСОРІВ ОБЕРТІВ.....	35
3.1 Програма і задачі досліджень.....	35
3.2 Аналіз перевагі недоліків сенсорів визначення параметрів обертання .....	35
Висновки до розділу.....	44
4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СЕНСОРА ОБЕРТІВ І ПОЛОЖЕННЯ .....	47
4.1 Принцип роботи і будова обертового трансформатора .....	47
4.2 Краща робота і робота зі статичного місця .....	49
Висновки до розділу.....	52

5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
5.1	Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації електричного обладнання.....	54
5.2	Планування заходів з покращення охорони праці.....	56
5.3	Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час .....	57
5.4	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	59
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	61
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

## ВСТУП

Вимірювання частоти обертання різних обертових частин автомобіля є важливим аспектом для діагностики, тривалості служби, покращення ефективності та безпеки.

Діагностика та тривалість служби: Моніторинг частоти обертання допомагає вчасно виявляти ознаки зносу або поломок, що дозволяє визначити стан автомобіля і передбачити потребу в обслуговуванні чи ремонті.

Покращення ефективності: Зміри частоти обертання можуть бути використані для оптимізації роботи двигуна та інших систем, підвищуючи показники пального споживання та забезпечуючи економію пального.

Безпека та Керованість: Спостереження за частотою обертання коліс, осей та інших елементів допомагає вчасно виявляти аномалії, які можуть впливати на керованість та стабільність автомобіля на дорозі.

Оптимізація роботи систем управління: Частота обертання є важливою для роботи сучасних систем управління, таких як системи контролю тяги, антиблокувальні гальма, системи стабілізації тощо.

Отже, вимірювання частоти обертання допомагає забезпечити ефективне функціонування автомобіля, збільшити безпеку та тривалість його служби.

Частоту обертання в автомобілях вимірюють в різних компонентах для контролю та оптимізації роботи двигуна та інших систем. Основні компоненти, де можна вимірювати частоту обертання, включають:

Датчики колінчастого валу вимірюють обертання колінчастого валу двигуна, що дозволяє визначити його робочі параметри та обертовий момент.

Датчики обертання коліс вимірюють швидкість обертання коліс, що використовується для систем ABS (антиблокування гальм) та контролю тяги.

В деяких автомобілях вимірюють частоту обертання в коробці передач або головці диференціала для оптимізації передач та роботи систем стабілізації.

Деякі системи вимірюють частоту обертання вентиляторів радіатора та насосів для контролю температури двигуна.

Вимірюючи частоту обертання генератора, можна визначити стан системи заряджання.

Ці дані використовуються для регулювання параметрів автомобіля, підтримки безпеки та підвищення ефективності роботи різних систем.

Вимірювання частоти обертання давачами є важливою складовою для ряду причин:

Вимірювання обертання дозволяє стежити за роботою двигуна, виявляти можливі несправності або неправильну роботу.

Частота обертання може бути використана для оптимізації ефективності пального, допомагаючи визначити оптимальні обороти двигуна для зменшення споживання пального.

Вимірювання частоти обертання допомагає автоматичним коробкам передач оптимально вибирати передачі залежно від умов на дорозі та стилю водіння.

Системи безпеки та стабільності автомобіля використовують дані про частоту обертання для адаптації своєї роботи в реальному часі.

Вимірювання частоти обертання може використовуватися для діагностики різних систем автомобіля та для планування регулярного технічного обслуговування [3, 6, 11, 11].

В деяких випадках, таких як системи антиблокування гальм і системи контролю та керування тягово-розгінного режиму, частота обертання є ключовим параметром.

В цілому, вимірювання частоти обертання грає важливу роль у безпеці, ефективності та загальній продуктивності автомобіля.

# 1 ОГЛЯД ПИТАННЯ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

## 1.1 Обґрунтування важливості вибору правильного давача швидкості обертання колінчастого вала двигуна

Давач швидкості обертання колінчастого вала є ключовим компонентом системи керування двигуном. Він забезпечує точні дані про обертання колінчастого вала, що є критичним для ефективного управління роботою двигуна.

Правильно вибраний давач швидкості дозволяє точно визначити час подачі пального та момент займання, що має прямий вплив на ефективність роботи двигуна та споживання пального.

Давач швидкості колінчастого вала використовується для моніторингу та діагностики стану двигуна. Він дозволяє вчасно виявляти можливі несправності, що дозволяє уникнути серйозних поломок та зменшує ризик витрат.

Багато електронних систем, таких як системи вприску пального та системи впорску повітря, залежать від точної інформації про швидкість обертання колінчастого вала для оптимального управління режимами роботи двигуна.

Вибір правильного давача швидкості дозволяє адаптувати роботу двигуна до змінних умов експлуатації, таких як температура, навантаження та інші параметри.

Відомості про обертання колінчастого вала також використовуються в системах управління стабільністю та антиблокування гальм. Точні дані допомагають забезпечити ефективне та безпечне гальмування.

Точні дані від датчика швидкості обертання колінчастого вала дозволяють оптимізувати динаміку та використовувати ресурси двигуна максимально ефективно.

Правильний вибір давача швидкості важливий для відповідності вимогам стандартів щодо викидів, оскільки впливає на оптимальний режим роботи двигуна та ефективність витрати пального.

Обраний давач швидкості обертання колінчастого вала впливає на безперебійну роботу автомобільного двигуна, ефективність його використання та динаміку автомобіля, що робить його критичним компонентом для досягнення оптимальної продуктивності та відповідності сучасним екологічним та економічним стандартам [2, 6, 9, 15].

## **1.2. Аналіз системи керування двигуном і роль давача обертів**

Для роботи бензинового двигуна потрібно три компоненти: повітря, бензин, електрична іскра.

Повітря поступає через дросельну заслінку. Бензин подається до повітря через форсунку: так утворюється горюча суміш.

Котушка запалювання та свічка запалювання запалюють суміш в потрібний час.

Коли бензин змішується із повітрям, утворюється горюча суміш. Відношення між повітрям та бензином має важливе значення.

Якщо відношення є ідеальним, то суміш, що присутня в камері згорання, згорає повністю. Якщо відношення не є ідеальним, то невикористаний бензин або повітря залишаються у відпрацьованих газах.

Колінчастий вал двигуна обертається від декількох сотень до декількох тисяч разів за хвилину. Оскільки колінчастий вал обертається з такою високою швидкістю, то у двигуна залишається мало часу для вприску бензина.

Кінець вприску завжди фіксується: після вприску впускний клапан закривається і в циліндрі повинна обов'язково знаходитись суміш повітря та бензину.



Невелика кількість бензину подається досить швидко. Якщо бензину багато, впрыск починається раніше, щоб весь бензин встиг потрапити в циліндр.

Суміш повітря та бензину запалюється за допомогою свічки запалювання. Котушка запалювання подає високу напругу, створюючи іскру між електродами свічки запалювання.

Свічка запалювання запалює суміш безпосередньо перед верхньою мертвою точкою (ВМТ). Якщо суміш загорається вчасно, тиск на поршень відразу після верхньої мертвої точки (ВМТ) стає максимальним.

Тиск у верхній частині поршня нижче, якщо суміш загорається дуже рано або дуже пізно.

Для правильної роботи бензинового двигуна важливі наступні моменти:

- Відношення між повітрям та бензином.
- Момент додавання бензину до повітря.
- Момент загорання суміші.

Через велику кількість дій, майже неможливо одночасно слідкувати за всіма цими показниками. Тому блок керування використовує датчики та виконуючі механізми для керування продовжуваністю впрыску та кутом випередження запалювання.

Як правило, поняття "система керування двигуном відноситься до системи керування двигуном внутрішнього згорання. Система керування двигуном включає вхідні датчики, електронний блок керування і виконавчі механізми систем двигуна. Блок керування регулює стан суміші, впорскування палива і синхронізацію запалювання за допомогою датчиків і виконавчих механізмів.

Блок керування двигуном отримує інформацію від датчиків (рис.1.1) і за допомогою неї контролює виконавчі механізми різних систем двигуна [3, 6, 11, 17].

Між компонентами палива встановлюється певне співвідношення, так як для повного згоряння певної кількості пального теоретично необхідно певна кількість окислювача.

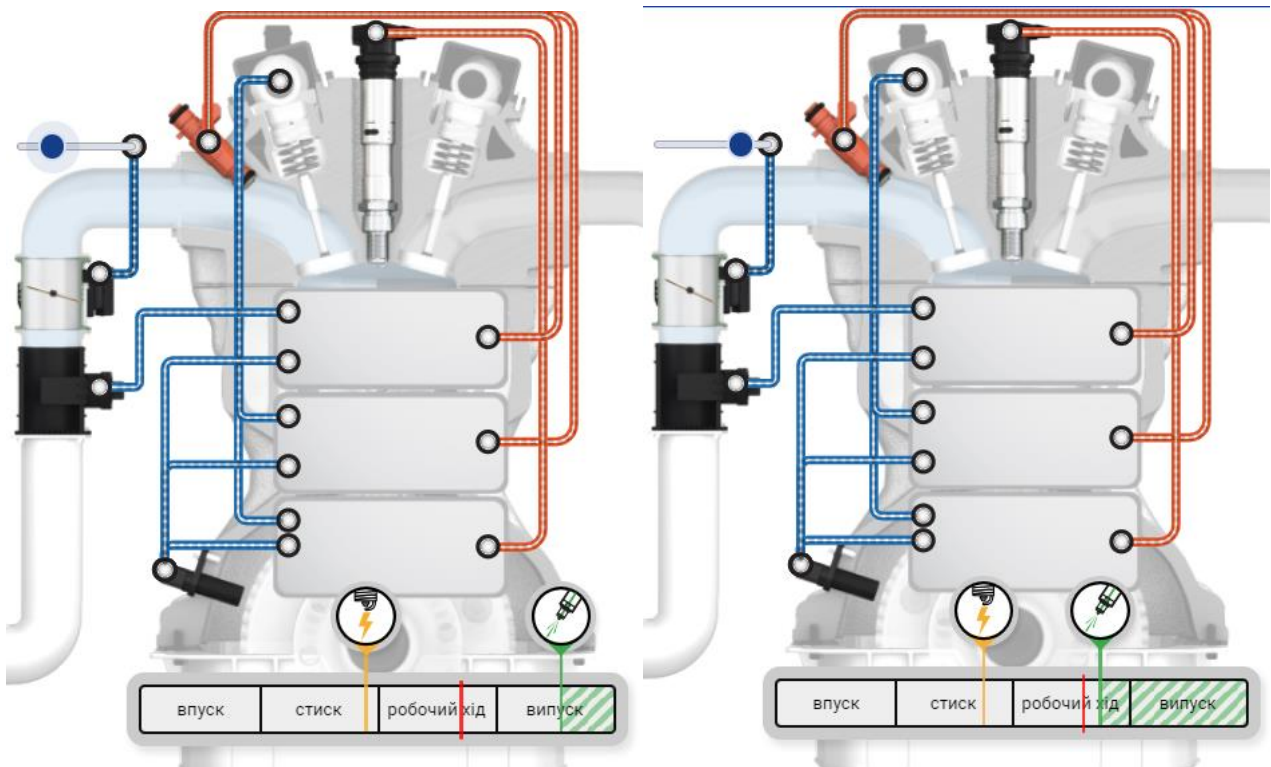


Рисунок 1.1 – Система керування ДВЗ

Датчик масової витрати повітря показує блоку керування, скільки грамів повітря подається у двигун в секунду. Тим часом датчик положення колінчастого вала показує частоту обертання колінчастого вала. Блок керування опрацьовує інформацію, що передається від датчиків і керує форсункою (інша назва: інжектор).

Між компонентами палива встановлюється певне співвідношення, так як для повного згоряння певної кількості пального теоретично необхідно певна кількість окислювача.

Датчик масової витрати повітря показує блоку керування, скільки грамів повітря подається у двигун в секунду. Тим часом датчик положення колінчастого вала показує частоту обертання колінчастого вала. Блок керування опрацьовує інформацію, що передається від датчиків і керує форсункою (інша назва: інжектор).

Форсунка повинна подавати бензин в потрібний час. Датчик положення колінчастого вала контролює положення і частоту обертання колінчастого вала, а датчик розподільчого вала - положення розподільчого валу.

Використовуючи сигнали від датчика колінчастого вала і розподільчого вала, блок керування визначає, в який час форсунка повинна впорснути паливо.

Синхронізація запалювання (або вставлення кута випередження запалювання) є дуже важливим елементом всієї системи, так як має значний вплив на роботу самого двигуна.

Положення колінчастого вала зумовлює значення кута випередження запалювання. Блок керування використовує сигнал від датчика колінчастого вала, щоб обчислити, коли слід керувати катушкою запалювання.

Якщо керування катушкою запалювання відбувається вчасно, то свічка запалювання запалює суміш в потрібний час.

Всі окремі блоки керування об'єднані в один великий блок: комп'ютер керування двигуном.

Всі датчики і виконавчі механізми, необхідні для безперебійної роботи двигуна, підключені до комп'ютера керування двигуном [3, 5, 11, 16].

### **1.3 Обґрунтування теми роботи і задачі**

Обґрунтування важливості вибору правильного датчика швидкості обертання колінчастого вала двигуна.

Датчик швидкості обертання колінчастого вала є ключовим компонентом системи керування двигуном. Він забезпечує точні дані про обертання колінчастого вала, що є критичним для ефективного управління роботою двигуна.

Правильно вибраний датчик швидкості дозволяє точно визначити час подачі пального та момент займання, що має прямий вплив на ефективність роботи двигуна та споживання пального.

Давач швидкості колінчастого вала використовується для моніторингу та діагностики стану двигуна. Він дозволяє вчасно виявляти можливі несправності, що дозволяє уникнути серйозних поломок та зменшує ризик витрат.

Багато електронних систем, таких як системи впорску пального та системи впорску повітря, залежать від точної інформації про швидкість обертання колінчастого вала для оптимального управління режимами роботи двигуна.

Вибір правильного давача швидкості дозволяє адаптувати роботу двигуна до змінних умов експлуатації, таких як температура, навантаження та інші параметри.

Відомості про обертання колінчастого вала також використовуються в системах управління стабільністю та антиблокування гальм. Точні дані допомагають забезпечити ефективне та безпечне гальмування.

Точні дані від датчика швидкості обертання колінчастого вала дозволяють оптимізувати динаміку та використовувати ресурси двигуна максимально ефективно.

Правильний вибір давача швидкості важливий для відповідності вимогам стандартів щодо викидів, оскільки впливає на оптимальний режим роботи двигуна та ефективність витрати пального.

Обраний давач швидкості обертання колінчастого вала впливає на безперебійну роботу автомобільного двигуна, ефективність його використання та динаміку автомобіля, що робить його критичним компонентом для досягнення оптимальної продуктивності та відповідності сучасним екологічним та економічним стандартам. [3, 6, 11, 17].

Мета даної роботи дослідити та провести аналіз вибору давача швидкості обертання колінчастого вала двигуна як важливого компонента системи управління автомобільним двигуном.

Задачі роботи: Визначення вимог до роботи давача швидкості обертання з урахуванням функціональних особливостей автомобільного двигуна та систем управління.

Огляд типів давачів. Дослідження різних типів давачів швидкості обертання колінчастого вала, їхні переваги та недоліки.

Аналіз впливу на систему управління. Визначення взаємодії давача швидкості з іншими компонентами системи управління, виявлення його впливу на ефективність та екологічні показники.

Врахування експлуатаційних умов. Розгляд умов експлуатації та їх вплив на вибір оптимального типу та характеристик давача.

Систематизація результатів. Узагальнення і систематизація отриманих даних, розробка рекомендацій щодо вибору давача швидкості обертання колінчастого вала для конкретного типу двигуна або автомобільного виробника.

Робота спрямована на вивчення та розуміння важливості вибору давача швидкості обертання колінчастого вала та розробку рекомендацій для ефективного використання в автомобільних системах управління.

## 2 АНАЛІЗ ДАВАЧІВ ОБЕРТІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В АВТОМОБІЛЯХ

### 2.1 Давачі обертів які використовуються в автомобілях і вимоги до них

В автомобілях використовуються декілька типів датчиків обертів, які вимірюють швидкість обертання різних частин транспортного засобу. Ці дані важливі для правильної роботи різних систем автомобіля. Ось декілька типів датчиків обертів, які можна знайти в більшості сучасних автомобілів [2, 6, 11, 12:

1. Давач обертів коліс (ABS): вимірює швидкість обертів кожного колеса для підтримання контролю під час гальмування.

2. Давач обертів колінвалу: визначає швидкість обертів колінвалу двигуна для синхронізації та визначення моменту запуску.

3. Давач обертів валу розподільчого механізму: моніторить швидкість обертів валу розподільчого механізму для правильного відкривання та закривання клапанів.

4. Давач обертів коробки передач: вимірює оберти валу коробки передач для оптимізації переключення передач та визначення швидкості автомобіля.

5. Давач обертів вентилятора радіатора: визначає швидкість обертів вентилятора для ефективного охолодження двигуна.

6. Давач обертів рульового валу: вимірює оберти рульового валу для оптимізації роботи системи керування та стабілізації.

Давач обертів коліс (ABS) має наступні основні функції та призначення:

Контроль за обертанням коліс: ABS використовує датчики обертів на кожному колесі, щоб вимірювати їхню швидкість обертання.

Запобігання блокуванню коліс: Під час гальмування система ABS моніторить оберти кожного колеса. Якщо виявляється, що колесо починає блокуватися (зупиняється обертатися), ABS регулює тиск у гальмівному механізмі на цьому колесі.

Підтримка стабільності та контроль над транспортним засобом: Запобігаючи блокуванню коліс під час гальмування, ABS допомагає зберегти керованість транспортного засобу. Це особливо важливо в умовах поганої дорожньої поверхні або під час екстрених ситуацій.

Підвищення ефективності гальмування: ABS дозволяє водієві натискати на гальмівний педаль максимально, не боячись блокування коліс. Це забезпечує максимальну ефективність гальмування.

Усі ці функції спрямовані на забезпечення безпеки та контролю над транспортним засобом, зокрема в умовах небезпечного гальмування або на скользьких дорогах.

Давач обертів колінчастого валу (ДОКВ) визначає швидкість обертання колінчастого валу двигуна. Колінчастий вал – це важлива частина внутрішнього горіння двигуна, яка відповідає за відкривання та закривання клапанів. Призначення ДОКВ включає в себе кілька аспектів:

Синхронізація роботи клапанів: ДОКВ допомагає визначити положення колінчастого валу, що в свою чергу визначає момент відкривання та закривання клапанів. Це критично для забезпечення правильної роботи газорозподільного механізму та оптимізації продуктивності двигуна.

Контроль за моментом запуску: ДОКВ надає інформацію про оберти колінчастого валу при запуску двигуна. Це важливо для визначення моменту запуску та управління інжекцією пального для стабільного запуску двигуна.

Діагностика та контроль: Інформація від ДОКВ може використовуватися для діагностики роботи двигуна, виявлення проблем з газорозподілом або нерівномірним запуском.

Узгоджений робочий процес ДОКВ з іншими системами допомагає забезпечити ефективну та економічну роботу двигуна, а також допомагає в дотриманні норм екологічних стандартів.

Давач обертів валу розподільчого механізму (ВРМ) виконує важливу роль в системі управління двигуном автомобіля. Основні функції та призначення датчика обертів ВРМ включають:

Контроль обертів: Давач обертів ВРМ вимірює швидкість обертання вала розподільчого механізму, що відповідає за відкривання та закривання клапанів у газорозподільному механізмі двигуна.

Синхронізація газорозподільного механізму: Інформація від давача обертів ВРМ дозволяє системі управління двигуном забезпечити правильне відкривання та закривання клапанів у відповідності з положенням колінчастого вала.

Оптимізація роботи двигуна: Дані, отримані від давача обертів ВРМ, використовуються для підтримання оптимального таймінгу клапанів та забезпечення ефективного змішування повітря та пального у камері згоряння.

Підтримка ефективності та видачі потужності: Дійсне відкривання та закривання клапанів впливає на подачу повітря та пального у циліндри, визначаючи ефективність горіння та видачу потужності двигуна.

Всі ці функції спрямовані на оптимізацію роботи двигуна, підвищення ефективності горіння, зменшення викидів та забезпечення високої продуктивності двигуна.

Давач обертів коробки передач виконує наступні основні функції та призначення:

Моніторинг обертів вала коробки передач: Давач обертів вимірює швидкість обертання вала коробки передач, що дає інформацію про поточний рівень обертів двигуна. Це важливо для системи управління двигуном та інших систем автомобіля.

Оптимізація переключення передач: Інформація від давача обертів коробки передач допомагає визначити оптимальний момент для переключення передач, щоб забезпечити оптимальний рівень продуктивності та паливоекномії.

Визначення швидкості автомобіля: За допомогою інформації про оберти вала коробки передач можна оцінити швидкість автомобіля. Це важливо для правильної роботи інших систем, таких як антиблокувальна система гальмування (ABS) та система стабілізації.



Підтримка роботи круїз-контролю: Інформація про оберти коробки передач використовується для підтримки роботи системи круїз-контролю, яка підтримує постійну швидкість автомобіля на дорозі.

Забезпечення безпеки та ефективності гальмування: Для автомобілів з системою ABS, інформація про оберти коробки передач використовується для оптимізації роботи системи гальмування та уникнення блокування коліс під час гальмування.

Взаємодія давача обертів коробки передач з іншими системами дозволяє автомобілю працювати більш ефективно та забезпечує комфорт та безпеку водія та пасажирів.

Давач обертів вентилятора радіатора виконує ключову роль в системі охолодження автомобіля. Основні функції та призначення цього датчика включають:

Моніторинг температури двигуна: Давач обертів вентилятора радіатора слідкує за температурою двигуна. Коли температура перевищує заданий рівень, датчик ініціює активацію вентилятора радіатора.

Активація вентилятора при перегріві: Якщо температура двигуна стає надто високою, давач обертів вентилятора радіатора відправляє сигнал до системи керування двигуном, щоб активувати вентилятор. Вентилятор потім розпочинає обертання, щоб охолодити радіатор і знизити температуру двигуна.

Підтримка ефективності системи охолодження: Давач обертів грає важливу роль у забезпеченні ефективності системи охолодження, реагуючи на зміни температури та активуючи вентилятор вчасно.

Захист двигуна від перегріву: Основна функція давача обертів вентилятора радіатора полягає в запобіганні перегріву двигуна, що може спричинити серйозні пошкодження, збільшити споживання пального та зменшити продуктивність.

Оптимізація використання енергії: Активувати вентилятор тільки при необхідності дозволяє оптимізувати використання енергії, забезпечуючи ефективне охолодження при економії пального.

Загалом, давач обертів вентилятора радіатора виконує важливу роль у забезпеченні нормального режиму температури двигуна та уникненні його перегріву.

Давач обертів рульового колеса (ДОРК) виконує важливі функції у системах стабілізації і керування автомобілем. Основні призначення та функції цього датчика включають:

Системи стабілізації та безпеки: ДОРК допомагає системам стабілізації, таким як ESP (електронічна стабілізація програми), у визначенні та контролі швидкості обертання рульового колеса. Це особливо важливо під час роботи системи на антиблокувальній системі гальмування (ABS) та системі електронного контролю стабільності (ESP).

Асистент керування: Інформація від ДОРК може використовуватися для асистування водієві в різних режимах, включаючи адаптивний круїз-контроль та системи допомоги при паркуванні.

Покращення ефективності системи керування: ДОРК визначає швидкість обертання рульового колеса, що може бути використано для оптимізації параметрів системи керування та підвищення комфорту під час водіння.

Виявлення проблем та діагностика: Давач обертів рульового колеса може також виявляти відхилення або аномалії у роботі системи керування, що дозволяє вчасно виявляти та діагностувати проблеми, такі як знос або несправності.

Електромеханічне керування: Деякі сучасні автомобілі використовують електромеханічне керування, де ДОРК грає важливу роль у визначенні швидкості обертання рульового колеса і керуванні електричним або гідравлічним кермом.

Загалом, ДОРК взаємодіє з різними системами для покращення безпеки, стабільності та комфорту водія.

Робота датчика швидкості обертання (іноді називається датчиком обертів коліс або датчиком обертання коліс) є важливою для правильної роботи автомобільного двигуна та систем управління. Вимоги до цього датчика можуть варіюватися в залежності від конкретного автомобільного виробника та моделі, але основні характеристики і вимоги виглядають приблизно так:

**Точність:** Датчик повинен забезпечувати точне вимірювання швидкості обертання. Це дозволяє системам управління коректно реагувати на зміни обертань коліс і, таким чином, оптимізувати працездатність автомобільного двигуна.

**Швидкість відгуку:** Датчик повинен мати достатню швидкість відгуку для того, щоб передавати дані системам управління в реальному часі. Це важливо для ефективного керування двигуном та іншими системами в реальних умовах дорожнього руху.

**Надійність:** Датчик повинен бути надійним та стійким до впливу різних умов експлуатації, таких як вологість, температурні зміни, агресивні середовища та вібрації.

**Сумісність з іншими системами:** Датчик повинен бути сумісним з іншими компонентами автомобільної системи, зокрема з системою управління двигуном, системою гальмування та системами безпеки.

**Стійкість до електромагнітних перешкод:** Датчик повинен бути стійким до електромагнітних перешкод, які можуть виникнути від інших електричних систем у автомобілі.

**Легка установка та обслуговування:** Датчик повинен бути легким у встановленні та обслуговуванні для зручності обслуговування автомобілів на сервісі.

Загалом, датчик швидкості обертання відіграє ключову роль у функціонуванні систем автомобіля, і його надійність та точність є важливими аспектами для забезпечення безпеки та ефективності автомобільного руху.

## 2.2 Принцип роботи датчиків обертів автомобіля

Датчик частоти обертання колеса - це зчитувальний пристрій. Датчик використовується для визначення частоти обертання колеса, прискорення і сповільнення.

Датчик розміщується у маточині колеса (рис. 2.1). На валу або підшипнику колеса є зубчаста шестерня. Зуби цієї шестерні рухаються поруч з датчиком [3, 5].

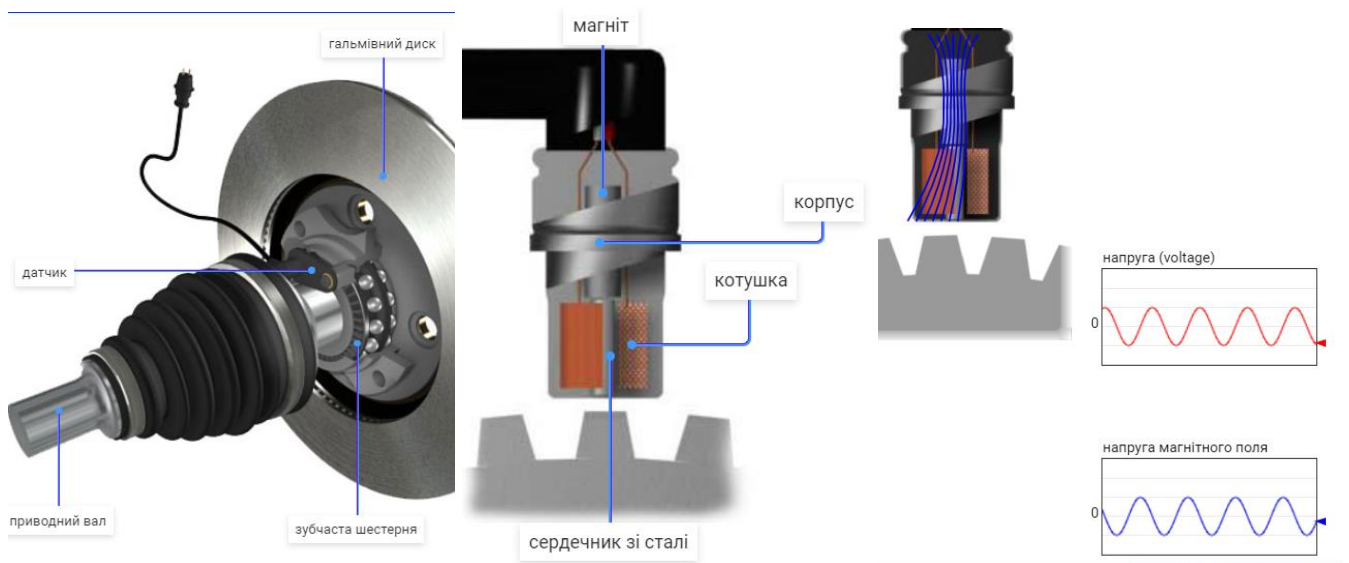


Рисунок 2.1 – Індуктивний датчик обертів колеса

Датчик складається з: корпусу, котушки, магніту, м'якого металевого сердечника. При обертанні вала зуби зубчастої шестерні по черзі проходять повз датчик.

Магніт в датчику створює магнітне поле. Це магнітне поле постійно змінюється, тому що зуби шестерні проходять повз датчик. Зміна магнітного поля генерує напругу в котушці датчика.

На рис показана напруженість магнітного поля. Коли зуб наближається до датчика, напруженість магнітного поля збільшується. Коли зуб знаходиться прямо навпроти датчика, магнітне поле досягає максимального значення. Напруженість поля знову зменшується, якщо зуб віддаляється від датчика.

Потужність створеної напруги залежить від кількості витків обмотки на котушці і швидкості, з якою змінюється магнітне поле. Воно виражається у вигляді формули:

$$U = c' * N * \Delta\Phi / \Delta t \quad (2.1)$$

$U$  = створена напруга

$c'$  = постійний коефіцієнт

$N$  = кількість витків обмотки на котушці

$\Delta\Phi$  = зміна поля

$\Delta t$  = проміжок часу, протягом якого відбувається зміна поля

Блок керування вимірює напругу, генеровану датчиком. При збільшенні швидкості зуби переміщуються повз датчик швидше. Це призводить до збільшення частоти напруги змінного струму. Блок керування може визначати швидкість колеса, вимірюючи частоту напруги змінного струму.

Магніторезистивний датчик (рис.2.2) (англ. Magneto Resistive Element, MRE) вимірює частоту обертання і прискоре колеса. Датчик частоти обертання колеса оснащений магніторезистивним елементом [3, 6].

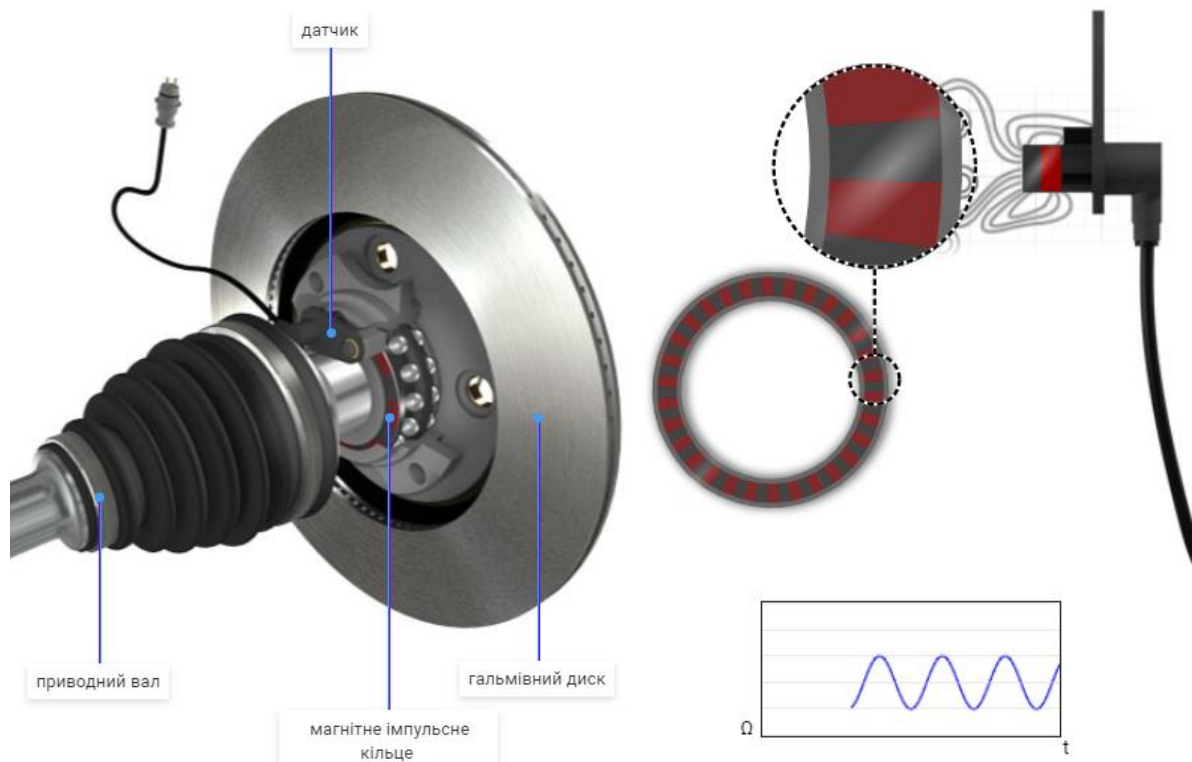


Рисунок 2.2 – Магніторезистивний давач обертів колеса

Колесо і імпульсне кільце обертаються з однаковою частотою. Імпульсне кільце складається з північного і південного магнітних полюсів, які формують змінні магнітні поля.

З точки зору електроніки датчик колеса складається з двох компонентів.

- сенсорний компонент
- електронний компонент

Сенсорний компонент виготовлений з магніторезистивних елементів. Кут між магнітним полем і напрямком струму, що проходить через резистори, змінюється пропорційно частоті обертання колеса. Завдяки цьому змінюється значення опору резистора MRE. Електронний компонент гарантує перетворення значення опору в сигнал для блоку керування електронної системи динамічної стабілізації автомобіля.

Значення опору максимальне в куті, що дорівнює  $0^\circ$ , між напрямком струму, що протікає через резис; і магнітне поле. Значення опору мінімальне в куті, що дорівнює  $90^\circ$ , між напрямком струму, що проходить через резистор, і магнітне поле.

Магніторезистивний колісний датчик подає сигнал зі статичного положення. В результаті, на додаток до антиблокувальної системи (АБС, англ. Anti-lock braking system, ABS) Ви можете встановити і інші системи, такі як протибуксувальна система (Automatic Slip Regulation, ASR), система контролю крутного моменту (Modulate System Regulation, MSR ) і система динамічної стабілізації (англ. Electronic Stability Program, ESP).

Коли магнітні полюси імпульсного кільця проходять через приймальний елемент MRE, значення опору приймального елемента змінюється. Ця зміна опору перетворюється електронною частиною датчика в квадратно-хвильовий постійний струм.

В результаті блок керування вимірює не силу струму, а напруги. Блок керування вимірює напругу за допомогою паралельного резистора, який розташований поряд з датчиком.

Індуктивний датчик колінчастого вала (рис. 2.3) - це датчик, який задає тобто активує систему керування. Англійські назви, що застосовуються до індуктивного датчика: Crankshaft position sensor, Crankshaft sensor, Crank sensor, українське скорочення - ДПКВ.

За допомогою ДПКВ блок керування визначає положення колінчастого вала і частоту обертання колінчастого вала [3, 6].

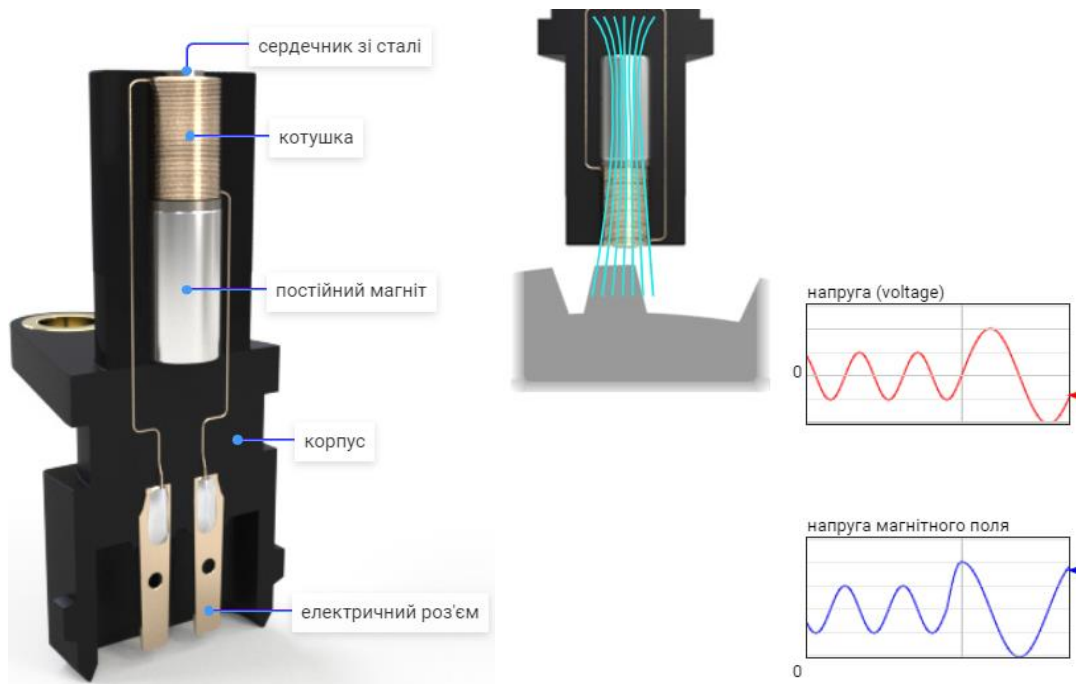


Рисунок 2.3 – Індуктивний сенсор колінчастого вала

Індуктивний датчик колінчастого вала, як правило, розміщується в отворі на корпусі маховика. Безпосередньо під даним отвором знаходиться маховик, по периметру якого розташовується зубчастий вінець. Відстань між вимірювальною частиною датчика і зубами вінця маховика становить не більше декількох міліметрів.

Датчик колінчастого вала також може розташовуватися на приводному шківі спереду автомобіля, при цьому на шківі є диск синхронізації. Крім цього датчик колінчастого вала може бути встановлений в середині картера двигуна і формувати сигнал від спеціального зубчастого диска на колінчастому валу (зазвичай автомобілі групи VAG).

Індуктивний датчик колінчастого вала складається з наступних компонентів: пластиковий корпус, катушка, магніт, сердечник.

У пластикового корпусу, як правило, є кріпильна проушина з різьбою під болт. Для того, щоб закріпити датчик, вставте болт в кріпильну проушину і затягніть його.

Тепер ми розглянемо, як працює індуктивний датчик колінчастого вала. Металевий блок виготовлений з магнітопровідного матеріалу, який дозволяє генерувати напругу в котушці. Якщо зменшити відстань між металевим блоком і датчиком, напруга що генерується збільшиться. Якщо збільшити відстань між блоком і датчиком, напруга що генерується зменшиться. Якщо металевий блок знаходиться під датчиком, напруга не генерується. За допомогою цього датчика не можливо визначити положення стаціонарних об'єктів.

Зміна магнітного поля генерує напругу в котушці датчика. Коли зуб наближається до датчика, напруженість магнітного поля збільшується. Коли зуб знаходиться прямо навпроти датчика, магнітне поле досягає максимального значення. Напруженість поля знову зменшується, якщо зуб віддаляється від датчика.

Потужність створеної напруги залежить від кількості витків обмотки в котушці і швидкості, з якою змінюється магнітне поле. Воно виражається у вигляді формули:

$$U = N * \Delta\Phi / \Delta t \quad (2.2)$$

$U$  = створена напруга

$N$  = кількість витків обмотки на котушці

$\Delta\Phi$  = зміна поля

$\Delta t$  = проміжок часу, протягом якого відбувається зміна поля

Визначення верхньої мертвої точки. На зубчастому колесі спеціально відсутній один зуб. Зуб відсутній в заглибленні, яке розташоване безпосередньо перед індуктивним датчиком, в той час як колінчастий вал знаходиться під кутом в  $90^\circ$  перед ВМТ циліндра 1. Через це при кожному оберті колінчастого валу один зуб не буде проходити навпроти індуктивного



датчика. Тому є момент, коли навпроти індуктивного датчика не проходить один зуб.

Блок керування беручи до уваги частоту обертання розпізнає місце, де відсутній зуб, і визначає, що колінчастий вал знаходиться під кутом в  $90^\circ$  перед ВМТ циліндру 1. Для того щоб визначити поточне положення колінчастого валу, блок керування повинен отримати інформацію про кількість зубів, які пройшли після відсутнього зуба.

Датчик положення розподільчого валу або датчик фаз (рис. 2.4) (англ. назва: Camshaft position sensor, Camshaft sensor, Cam sensor, українське скорочення: ДПРВ) використовується блоком управління для визначення положення розподільчого валу [3, 6].

Коли відомо положення розподільчого валу, блок управління розпізнає, яка частина робочого циклу виконується. У більшості випадків ДПРВ - це активний датчик.

В двигунах з верхнім розподільчим валом датчик положення розподільчого валу знаходиться в отворі головки блоку циліндрів. Через цей отвір вимірювальна частина датчика «дивиться» безпосередньо на розподільчий вал. Відстань між вимірювальною частиною датчика і імпульсним колесом розподільчого валу становить не більше ніж декілька міліметрів.

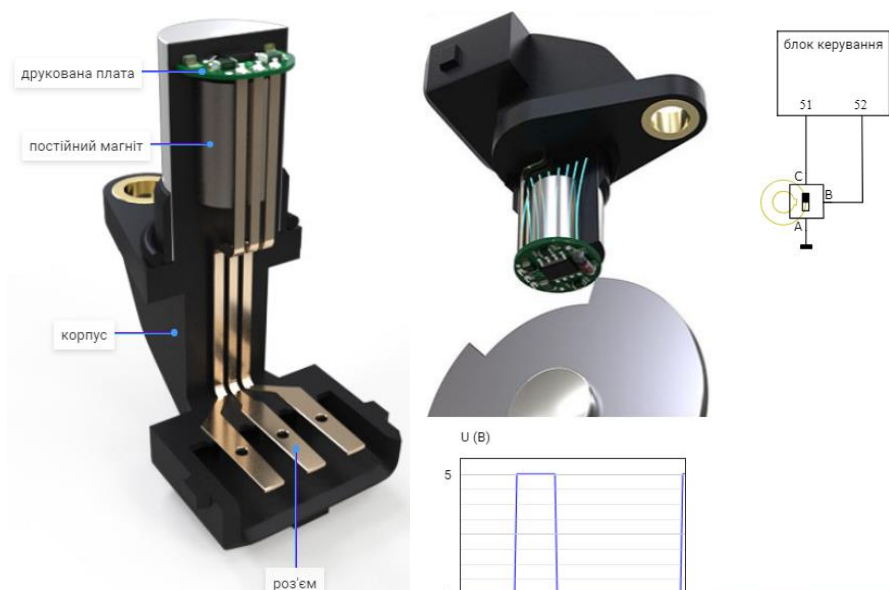


Рисунок 2.4 – Давач положення розподільчого валу

Датчик положення розподільчого валу складається з наступних компонентів: пластиковий корпус, постійний магніт, друкована плата з елементом Холла.

Пластиковий корпус містить монтажну проушину. Якщо вставити через проушину болт і затягнути його, датчик буде міцно прикріплений до необхідного місця. Гумове кільце ущільнювача призначене для герметизації.

Металевий блок датчика виконаний з магнітопровідного матеріалу, що впливає на магнітне поле, в якому знаходиться елемент Холла. Якщо блок знаходиться під датчиком, то напруга складе 0 В. Якщо Ви пересунете блок, то напруга буде дорівнювати 5 В. З цього можна зробити висновок, що датчик визначає положення, навіть коли блок нерухомий. Якщо відстань між датчиком і блоком стане занадто великою, то датчик перестане виявляти блок.

У міру обертання розподільчого валу контрольна виїмка проходить повз датчик один раз за одне обертання розподільчого валу. Магніт в датчику створює магнітне поле. Магнітне поле, яке створюється постійним магнітом в датчику, змінюється, як тільки виїмка імпульсного колеса з'являється перед датчиком Холла. Електронна схема реагує на наявність або відсутність магнітного поля. Вихідна напруга знижується при наявності магнітного поля і підвищується при його відсутності.

Зроблений вимір показує, що вихідна напруга має два значення: висока, якщо виїмка знаходиться навпроти датчика, і низька, якщо виїмка не знаходиться навпроти датчика. Розподільчий вал, який обертається створює форму напруги, яка називається прямокутною напругою. Якщо датчик колінчастого валу показує, що циліндри 1 і 4 повернені на  $90^\circ$  перед верхньою мертвою точкою, блок управління починає вимірювати вихідну напругу датчика Холла. Якщо ця напруга висока, циліндр 1 здійснює робочий хід, а якщо напруга низька, то робочий хід буде здійснювати циліндр 4.

Датчик швидкості (англ. Speed sensor) - це датчик, що вимірює швидкість автомобіля і виражає її у вигляді прямокутного сигналу.

Датчик швидкості може встановлюватися в коробці передач, а також на приводі спідометра, між коробкою передач і спідометром.

Датчик на риунку 2.5 розташований на приводі спідометра.

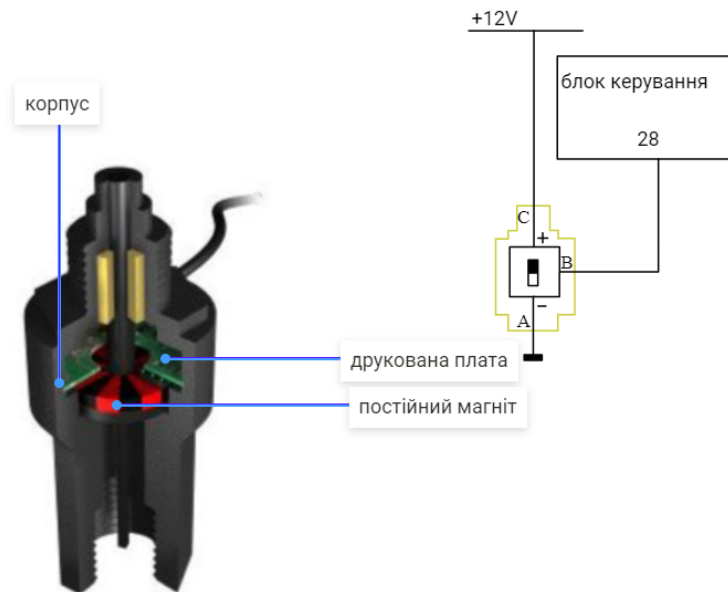


Рисунок 2.5 – Давач швидкості

При русі автомобіля привід спідометра активує магніт в датчику швидкості. На друкованій платі встановлені елемент Холла і електричний ланцюг. Елемент Холла чутливий до наявності магнітного поля. Коли елемент піддається впливу магнітного поля, утворюється дуже низька напруга. Електричне коло підсилює сигнал, і напруга збільшується до значення напруги живлення. При обертанні магніту утворюється напруга прямокутної форми [3, 5].

Датчик положення дросельної заслінки (застосовуються такі назви англійською мовою: Throttle position sensor, TPS, Throttle sensor, TP sensor) - це датчик повороту дросельної заслінки (ДПДЗ), який також визначає її положення. За сигналом датчику блок керування визначає, чи знаходиться дросельна заслінка в необхідному положенні і яка кількість повітря подається у впускний колектор.

Датчик являє собою потенціометр, в корпусі якого знаходяться різні компоненти. Коли корпус закритий, пружина притискає повзунок за допомогою контактів, прикріплених до резистивних доріжок і провідників.

Багато датчиків положення дросельної заслінки мають подвійну конструкцію (рис. 2.6). Залежно від конструкції у датчика буває від 3 (одиначна версія) до 6 (подвійна версія) підключень.

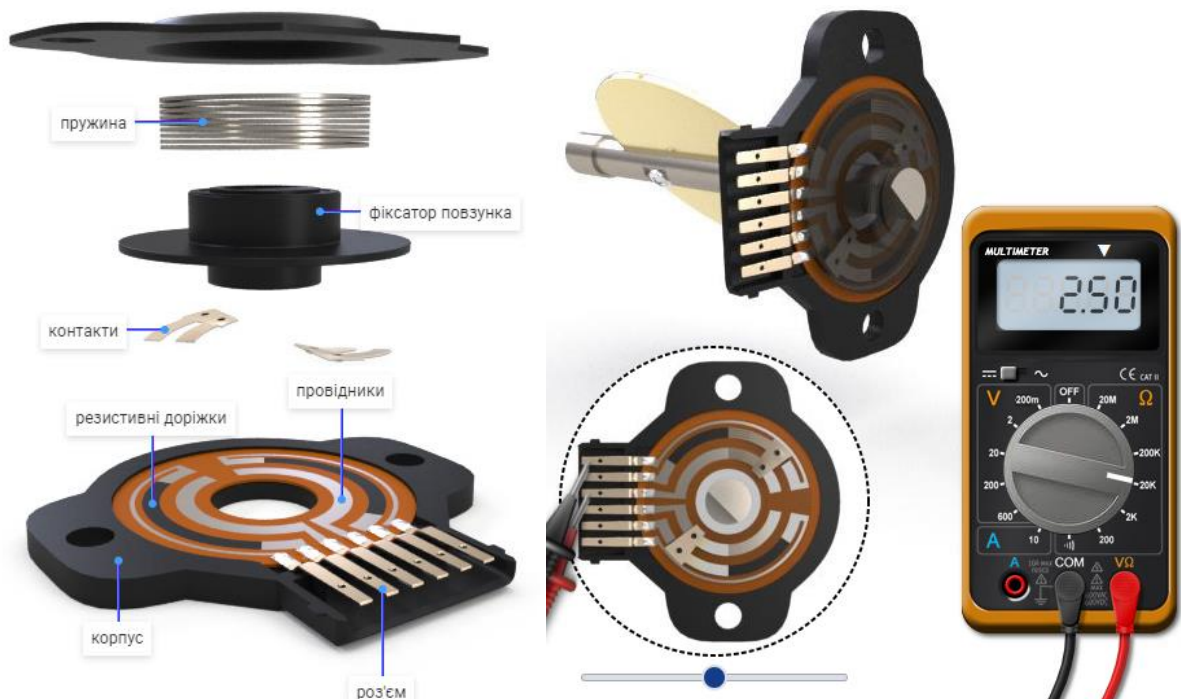


Рисунок 2.5 – Давач швидкості і положення

Коли дросельна заслінка обертається, повзунок і прикріплені до нього контакти теж переміщуються. Через це на підключеннях виникає інший опір, і блок керування може визначити положення дросельної заслінки.

Наявність двох потенціометрів в датчику положення дросельної заслінки необхідно для підвищення точності вимірювання поточного положення дросельної заслінки, для точного розпізнавання блоком керування несправностей датчика, а так само для підвищення надійності вузла дросельної заслінки. Якщо дросельна заслінка не обертається, опір на всіх підключених буде однаковим.

Сенсор з обортовим трансформатором використовує принцип роботи трансформатора для вимірювання обертань валу чи ротора. Основна ідея полягає в тому, що зміна магнітного поля в результаті обертання генерує змінний струм або напругу в обмотці трансформатора, яку можна виміряти для визначення положення або швидкості обертання.

Основні елементи сенсора з обортовим трансформатором включають:

Обмотка змінного струму (Primary Coil): Це обмотка, яка живиться змінним струмом і розташована на валу або роторі, що обертається. Зміна магнітного поля, яке виникає при обертанні, створює змінний струм у цій обмотці.



Рисунок 2.5 – Сенсор з обертовим трансформатором

Обмотка постійного струму (Secondary Coil): Це обмотка, в якій генерується електричний сигнал через принцип взаємного індуктивного впливу з обмоткою змінного струму. Змінний струм в обмотці змінного струму викликає зміну магнітного поля, що в свою чергу індукціює струм в обмотці постійного струму.

Вихідний сигнал: Сигнал, що генерується в обмотці постійного струму, може бути вимірний та інтерпретований для визначення положення або швидкості обертання.

Переваги сенсорів з обертовим трансформатором включають високу точність та надійність вимірювань, а також відсутність фізичного контакту між обмотками, що дозволяє уникнути зносу та забезпечити довговічність роботи. Однак ці сенсори можуть бути більш складними та дорогими в порівнянні з іншими типами сенсорів обертання, тому їх використовують там, де важлива висока точність та надійність вимірювань.

На рисунку 2.6 ми бачимо основні компоненти оптичного сенсора це фотодавачі, приймачі, а також диск з прорізами.

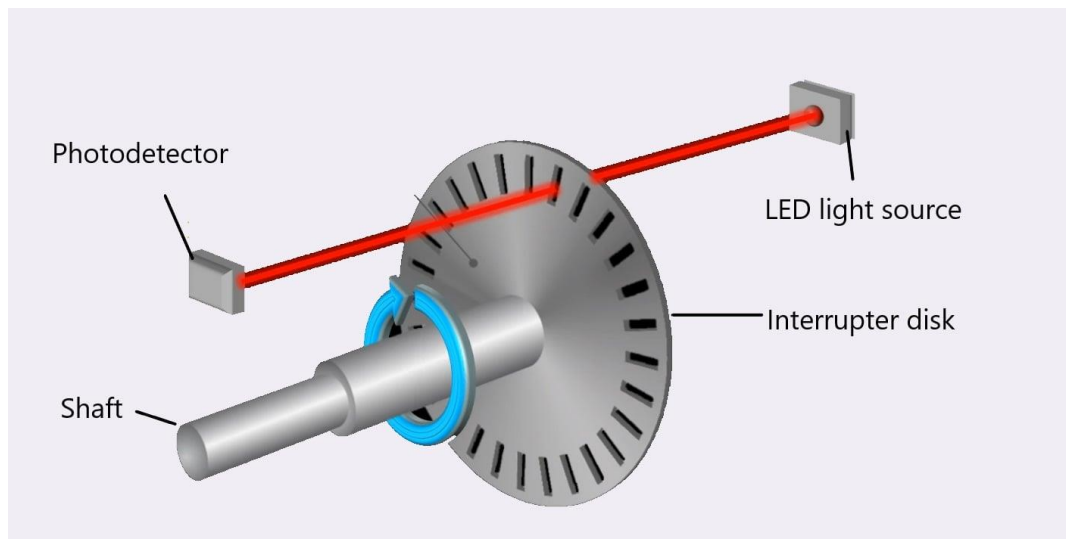


Рисунок 2.6 – Оптичний сенсор

П'єзоелектричний сенсор (Piezoelectric Sensor) генерує електричний сигнал при зміщенні або деформації кристалу п'єзоелектрика. Цей сигнал відображає обертання або вібрації.

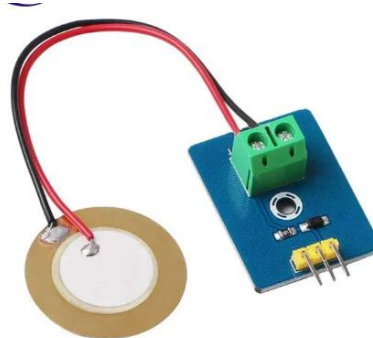


Рисунок 2.7 – П'єзоелектричний сенсор

### Висновки до розділу

У даному розділі ми визначили що в автомоблях використовуються декілька типів сенсорів обертів, які вимірюють швидкість обертання різних частин транспортного засобу. Ці дані важливі для правильної роботи різних систем автомобіля. Ось основні типи сенсорів обертів, які можна знайти в більшості сучасних автомобілів :

Давач обертів коліс вимірює швидкість обертів кожного колеса для підтримання контролю під час гальмування.

Давач обертів колінвалу визначає швидкість обертів колінвалу двигуна для синхронізації та визначення моменту запуску.

Давач обертів валу розподільчого механізму визначає яка частина робочого циклу виконується.

Давач обертів коробки передач: вимірює оберти валу коробки передач для оптимізації переключення передач та визначення швидкості автомобіля.

Давач обертів вентилятора радіатора: визначає швидкість обертів вентилятора для ефективного охолодження двигуна.

Давач обертів рульового валу: вимірює оберти рульового валу для оптимізації роботи системи керування та стабілізації.

В сенсори з елементом Холла (Hall Effect Sensor) використовується ефект Холла для вимірювання магнітного поля, яке змінюється при обертанні магнітного диска на валу колеса або двигуна. Зміна магнітного поля генерує електричний сигнал, який потім інтерпретується системою управління.

Індуктивний сенсор (Inductive Sensor) використовує принцип індукції для виявлення металевих зубців або різців на обертовому валу. Зміна магнітного поля при проходженні металевих елементів генерує змінний струм, який використовується для вимірювання обертань.

Оптичний сенсор (Optical Sensor): Оптичні датчики використовують світловий промінь, який переривається обертовим диском, що містить спеціальні отвори або різці. Переривання світлового потоку генерує електричний сигнал, який використовується для визначення швидкості обертання.

П'єзоелектричний сенсор (Piezoelectric Sensor) генерує електричний сигнал при зміщенні або деформації кристалу п'єзоелектрика. Цей сигнал відображає обертання або вібрації.

Магнітний резистивний датчик (Magnetic Resistive Sensor): Цей тип датчика використовує зміни опору магнітної резистивності при обертанні магнітного елемента, вбудованого в обертовий вал, працює зі статичного положення.

Акселерометр в основному вимірює прискорення, їх можна також використовувати для визначення швидкості обертання, використовуючи алгоритми обробки даних.

Сенсор з потенціометром, на валу, який обертається, розміщений потенціометр (резистор, у якому опір змінюється при обертанні).

Сенсор з обертовим трансформатором використовує принцип роботи трансформатора для вимірювання обертань валу чи ротора. Основна ідея полягає в тому, що зміна магнітного поля в результаті обертання генерує змінний струм або напругу в обмотці трансформатора, яку можна виміряти для визначення положення або швидкості обертання. Сигнал, що генерується в обмотці постійного струму, може бути виміряний та інтерпретований для визначення положення або швидкості обертання.



## **3 ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І МОЖЛИВОСТЕЙ СЕНСОРІВ ОБЕРТІВ**

### **3.1 Програма і задачі досліджень**

У попередньому розділі було розглянуто різні види сенсорів визначення обертів у автомобільних обертових частинах, а саме

- Сенсорі з елементом Холла
- Індуктивний сенсор
- Оптичний
- П'єзоелектричний сенсор
- Магнітний резистивний сенсор
- Акселерометр
- Сенсор з потенціометром
- Сенсор з обертовим трансформатором

Для досягнення мети роботи потрібно ще:

1. Провести аналіз перевагі недоліків сенсорів визначення параметрів обертання
2. Визначити найбільш прийнятний сенсор і проаналізувати його.
3. Зробити висновки.

### **3.2 Аналіз перевагі недоліків сенсорів визначення параметрів обертання**

Сенсор обертів із потенціометром може використовуватися, але в більшості сучасних автомобільних систем цей метод зазвичай застосовується менше через його обмежену точність та меншу стійкість до зносу порівняно з іншими технологіями.

Принцип роботи потенціометричного сенсора обертів такий: на валу, який обертається, розміщений потенціометр (резистор, у якому опір змінюється при обертанні). При руху вісі обертання відбувається зміна опору

потенціометра, і це змінює напругу або струм, який проходить через потенціометр. Такий сигнал потім інтерпретується системою управління.

Використання *потенціометра* для вимірювання обертів в автомобілях може бути одним із способів, проте варто враховувати переваги і недоліки цього методу.

Преваги:

Простота та невелика вартість: Потенціометри є простими у виготовленні та відносно дешевими пристроями, що може знизити вартість вимірювального пристрою.

Доступність: Потенціометри широко доступні та використовуються в різних сферах техніки.

Просте калібрування: Потенціометри можуть бути легко калібровані для відповідності конкретним умовам роботи.

Недоліки:

Знос і витрати: Потенціометри, особливо ті, які піддаються постійному обертанню, можуть витрачатися та стиратися з часом, що призводить до зниження точності вимірювань.

Вплив вібрацій та поштовхів: Вібрації та рухи можуть впливати на точність вимірювань, особливо якщо потенціометр не захищений від зовнішніх впливів.

Обмежена довговічність: У порівнянні з іншими технологіями вимірювання обертів, потенціометри можуть мати обмежену довговічність, особливо в умовах постійного руху.

Залежність від температурних та вологісних умов: Робота потенціометра може бути чутливою до змін температури та вологості, що може впливати на його точність.

Обмежені кути обертання: Деякі типи потенціометрів можуть мати обмежені кути обертання, що може бути проблемою в деяких застосуваннях.

Хоча потенціометри можуть бути використані для вимірювання обертів, їх використання може бути обмеженим у вимогливих умовах автомобільного

середовища. У деяких випадках, де потрібна висока точність та довговічність, інші технології, такі як оптичні чи холлівські датчики, можуть бути більш практичними варіантами.

Використання *акселерометра* для вимірювання обертів в автомобілях може бути зручним інноваційним рішенням, але воно має свої переваги та недоліки.

Преваги:

Акселерометри зазвичай мають компактний розмір, що дозволяє легко інтегрувати їх в різні частини автомобіля.

Легка установка: Встановлення акселерометра може бути досить простим і не вимагати великої кількості дротів чи датчиків.

Висока точність вимірювань прискорення. Акселерометри призначені для вимірювання прискорення, і в цьому вони можуть бути досить точними.

Невелика вартість: У порівнянні з деякими іншими технологіями вимірювання обертів, акселерометри можуть бути відносно доступними.

Недоліки:

Неідентичність між прискоренням і обертанням. Оскільки акселерометри вимірюють прискорення, а не обертання безпосередньо, потрібні спеціальні алгоритми обробки даних для визначення обертання на основі вимірювань прискорення. Це може бути складним завданням і призводити до деякої непевності вимірювань.

Вплив вібрацій і похибок: В автомобільному середовищі можуть виникати вібрації та рухи, які можуть впливати на точність вимірювань акселерометра, особливо при низьких частотах обертання.

Залежність від монтажу: Точність вимірювань акселерометра може бути сильно залежною від коректного монтажу датчика.

Обмежена вимірювана ділянка обертів: Акселерометри можуть бути менш ефективними для вимірювань великих кутів обертання, оскільки вони оптимізовані для вимірювання малих зміщень.

Загалом, використання акселерометра для вимірювання обертів в автомобілях може бути ефективним, особливо для додаткових систем, але важливо усвідомлювати обмеження та вирішувати їх в конкретних умовах застосування.

Використання *п'єзоелектричних сенсорів* для вимірювання обертів в автомобілях може мати свої переваги і недоліки.

Преваги:

\*Висока точність вимірювань: П'єзоелектричні сенсори можуть надавати високу точність вимірювань, особливо при вимірюванні динамічних процесів, таких як обертання.

Висока чутливість: Вони можуть бути дуже чутливими до змін в області вимірювань.

Безконтактність: Відсутність фізичного контакту між датчиком і вимірюваною системою може сприяти підвищенню довговічності та зниженню зносу.

Широкий діапазон робочих температур: П'єзоелектричні матеріали можуть працювати при великому діапазоні температур, що робить їх придатними для роботи в різних кліматичних умовах.

Недоліки:

Вплив вібрацій та шуму: Внаслідок чутливості до коливань, п'єзоелектричні сенсори можуть відчувати вплив вібрацій і шуму, що може викликати виникнення помилкових сигналів.

Слабка виправленість: У деяких випадках важко виправити чи замінити п'єзоелектричний сенсор, якщо він вийде з ладу, і це може вимагати повної заміни датчика.

Залежність від матеріалів: Ефективність п'єзоелектричних сенсорів може залежати від властивостей матеріалу, з якого вони виготовлені.

Специфічність застосування: П'єзоелектричні сенсори можуть бути більше спрямовані на конкретні типи вимірювань і могли бути менш універсальними у порівнянні з іншими технологіями.

Враховуючи ці переваги і недоліки, використання п'єзоелектричних сенсорів може бути ефективним в конкретних сценаріях вимірювань обертів, особливо якщо важливо забезпечити високу точність і чутливість вимірювань.

Використання *оптичних* сенсорів для вимірювання обертів в автомобілях є поширеним методом, і воно має свої переваги і недоліки.

Преваги:

Висока точність: Оптичні сенсори можуть забезпечувати високу точність вимірювань обертів, особливо якщо використовуються високоякісні та стабільні оптичні системи.

Безконтактність: Вимірювання обертів може відбуватися без прямого фізичного контакту, що сприяє зниженню зносу і підвищенню довговічності.

Можливість вимірювання великих кутів обертання: Оптичні сенсори можуть бути використані для вимірювання як малих, так і великих кутів обертання, в залежності від конкретного дизайну.

Широкий діапазон робочих умов: Вони можуть працювати в різних умовах, включаючи вологість та зміни температури, за умови вибору правильних матеріалів і захисту від зовнішніх впливів.

Недоліки:

Чутливість до бруду і забруднень: Оптичні системи можуть бути чутливими до бруду та забруднень, що може впливати на їхню ефективність. Регулярне обслуговування може бути необхідним.

Вплив наочних умов: Деякі оптичні системи можуть бути чутливими до наочних умов, таких як яскраве сонце або інші джерела світла, і вимагати додаткових заходів захисту або корекції.

Вища вартість: В порівнянні з деякими іншими технологіями вимірювання обертів, оптичні системи можуть бути більш витратними.

Складніше обладнання: Оптичні системи можуть вимагати деякої складності обладнання та налаштувань для оптимального вимірювання.

У загальному, оптичні сенсори є ефективними для вимірювання обертів у багатьох застосуваннях, але важливо враховувати особливості конкретного середовища та вимоги системи вимірювань при виборі цього методу.

Використання *індуктивних* сенсорів для вимірювання обертів в автомобілях є поширеним підходом. Цей тип сенсорів використовує принцип індукції для вимірювання зміни магнітного поля, яке виникає при обертанні валу. Важливо враховувати переваги і недоліки цього методу:

Преваги:

Надійність та довговічність: Індуктивні сенсори можуть бути досить надійними та мають довгий термін служби, оскільки вони не вимагають прямого контакту і не мають рухомих частин, які можуть зноситися.

Можливість вимірювання високих швидкостей обертання: Індуктивні сенсори можуть успішно вимірювати високі швидкості обертання, що може бути важливо для автомобільних систем.

Відсутність фізичного контакту: Безконтактний характер індуктивних сенсорів дозволяє уникнути проблем, пов'язаних із зносом і тривалістю експлуатації.

Сприятливі умови для електроніки: Індуктивні сенсори можуть бути відмінними для використання в сприятливих умовах для електроніки, таких як автомобільне середовище.

Недоліки:

Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Інші магнітні поля в оточуючому середовищі можуть впливати на роботу індуктивних сенсорів, що може вимагати додаткових заходів захисту.

Обмежена відстань вимірювань: Індуктивні сенсори мають обмежену відстань вимірювань, і вони повинні бути розташовані досить близько до місця вимірювань.

Чутливість до температурних змін: Температурні зміни можуть впливати на роботу індуктивних сенсорів і вимагати компенсації.

Вартість: Деякі високоякісні індуктивні сенсори можуть бути дорожчими у порівнянні з іншими технологіями.

Загалом, індуктивні сенсори можуть бути ефективним рішенням для вимірювання обертів в автомобілях, зокрема там, де важлива надійність та довговічність. Вибір конкретного типу сенсора залежить від конкретних вимог та умов використання.

Використання сенсорів із ефектом Холла для вимірювання обертів в автомобілях є досить поширеним методом, оскільки вони забезпечують високу чутливість та точність вимірювань. Проаналізуємо переваги і недоліки такого підходу:

#### Преваги:

Висока чутливість та точність: Сенсори із ефектом Холла можуть забезпечувати високу чутливість до змін магнітного поля, що дозволяє точно вимірювати оберти валів та роторів.

Безконтактний принцип роботи: Сенсори із ефектом Холла не вимагають прямого фізичного контакту з рухомими частинами, що сприяє підвищенню довговічності та зниженню зносу.

Широкий діапазон температур: Вони можуть працювати в широкому діапазоні температур, що робить їх відмінними для застосувань в автомобільній індустрії.

Відсутність електричного контакту: Сенсори із ефектом Холла не мають електричного контакту, що може забезпечити високий рівень ізоляції та уникнення електричних відмов.

#### Недоліки:

Чутливість до електромагнітних впливів: Сенсори із ефектом Холла можуть бути чутливими до електромагнітних впливів, що може впливати на їхню точність в умовах високого електромагнітного шуму.

Вартість: Деякі високоякісні сенсори із ефектом Холла можуть бути вартісні, особливо ті, які мають високий рівень точності та довговічності.

Можливість деформації магнітного поля: Якщо магнітне поле зазнає деформацій через зовнішні фактори, це може вплинути на вимірювання сенсорів із ефектом Холла.

Потреба в додаткових заходах захисту: Для забезпечення надійної роботи сенсорів із ефектом Холла в умовах автомобільного середовища може бути потрібен додатковий захист від вологи, бруду та механічних ушкоджень.

Враховуючи ці фактори, сенсори із ефектом Холла є ефективними для вимірювання обертів в автомобільній техніці, особливо при використанні в сучасних системах управління автомобілем.

Використання магніторезистивних сенсорів для вимірювання обертів в автомобілях є популярним методом, оскільки ці сенсори можуть надавати високу чутливість та відмінну лінійність вимірювань. Розглянемо деякі переваги і недоліки цього підходу:

Преваги:

Висока чутливість: Магніторезистивні сенсори можуть забезпечити високу чутливість до змін магнітного поля, що дозволяє вимірювати оберти з високою точністю.

Лінійність вимірювань: Вимірювання магніторезистивних сенсорів може бути лінійним, що спрощує обробку отриманих даних та підвищує точність.

Можливість вимірювання високих швидкостей обертання: Сенсори можуть успішно вимірювати великі кути обертання та високі швидкості обертання, що робить їх підходящими для застосувань в автомобільній індустрії.

Безконтактний принцип роботи: Магніторезистивні сенсори працюють безконтактно, що уникає зносу та підвищує довговічність.

Недоліки:

Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Зовнішні магнітні поля можуть впливати на роботу сенсорів і викликати помилки в вимірюваннях.

Вплив на температурні зміни: Температурні зміни можуть впливати на вимірювання магніторезистивних сенсорів і вимагати корекції.



Вартість: Деякі високоякісні магніторезистивні сенсори можуть бути вартісними, особливо ті, які мають високий рівень точності та довговічності.

Залежність від конкретних умов установки: Робота сенсорів може залежати від конкретних умов установки і вимагати правильного позиціонування.

Враховуючи ці переваги і недоліки, магніторезистивні сенсори є ефективними для вимірювання обертів в автомобілях, зокрема при використанні в системах управління та безпеки автомобілів.

Вибір методу вимірювання обертів в автомобілях, також використовуючи магнітний трансформатор або трансформатор Холла (зазвичай називається "магнітний трансформатор"), може бути обумовлений конкретними вимогами і умовами застосування. Розглянемо деякі переваги і недоліки використання магнітного трансформатора для вимірювання обертів в автомобілях:

Преваги:

Безконтактний принцип роботи: Магнітний трансформатор, подібно до сенсорів із ефектом Холла, працює безконтактно, що уникає зносу та забезпечує підвищену довговічність.

Висока чутливість: Магнітні трансформатори можуть бути досить чутливими до змін магнітного поля, що дозволяє точно вимірювати оберти.

Можливість вимірювання великих кутів обертання: Ці трансформатори можуть бути ефективними для вимірювання як малих, так і великих кутів обертання.

Можливість вимірювання високих швидкостей обертання: Магнітні трансформатори можуть успішно вимірювати великі кути обертання та високі швидкості обертання.

Відсутність впливу електромагнітного шуму: Вони можуть бути менш чутливими до електромагнітного шуму порівняно з іншими технологіями.

Недоліки:

Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Зовнішні магнітні поля можуть впливати на роботу трансформатора і викликати помилки в вимірюваннях.

Температурна чутливість: Температурні зміни можуть впливати на точність та стабільність вимірювань.

Вартість: Деякі високоякісні магнітні трансформатори можуть бути вартісними.

Вага та розмір: Залежно від конкретного дизайну, магнітні трансформатори можуть бути більшими та важчими порівняно з іншими технологіями.

Враховуючи ці фактори, використання магнітного трансформатора може бути ефективним вимірювальним методом для обертів в автомобілях, зокрема при врахуванні конкретних вимог і умов експлуатації.

### **Висновки до розділу**

Сенсор обертів із *потенціометром* може використовуватися, але в більшості сучасних автомобільних систем цей метод зазвичай застосовується менше через його обмежену точність та меншу стійкість до зносу порівняно з іншими технологіями.

Преваги: Простота та невелика вартість: Доступність: Просте калібрування:

Недоліки: Знос і витрати, Вплив вібрацій та поштовхів: Обмежена довговічність: Залежність від температурних та вологістних умов: Обмежені кути обертання:

Використання *акселерометра* для вимірювання обертів в автомобілях може бути ефективним, особливо для додаткових систем, але важливо усвідомлювати обмеження та вирішувати їх в конкретних умовах застосування.

Преваги: зазвичай мають компактний розмір, Легка установка: Висока точність вимірювань прискорення. Невелика вартість:

Недоліки: Неідентичність між прискоренням і обертанням. Вплив вібрацій і похибок: Залежність від монтажу: Обмежена вимірювана ділянка обертів:

Використання *п'єзоелектричних* сенсорів може бути ефективним в конкретних сценаріях вимірювань обертів, особливо якщо важливо забезпечити високу точність і чутливість вимірювань

Преваги: Висока точність вимірювань: Висока чутливість:  
Безконтактність: Широкий діапазон робочих температур:

Недоліки: Вплив вібрацій та шуму: Слабка виправленість: Залежність від матеріалів, менш універсальні.

У загальному, *оптичні* сенсори є ефективними для вимірювання обертів у багатьох застосуваннях, але важливо враховувати особливості конкретного середовища та вимоги системи вимірювань при виборі цього методу.

Преваги: Висока точність: Безконтактність: Можливість вимірювання великих кутів обертання: Широкий діапазон робочих умов.

Недоліки: Чутливість до бруду і забруднень: Вплив наочних умов: Вища вартість: Складніше обладнання.

Використання *індуктивних* сенсорів для вимірювання обертів в автомобілях є поширеним підходом.

Преваги: Надійність та довговічність: Можливість вимірювання високих швидкостей обертання: Відсутність фізичного контакту: Сприятливі умови для електроніки:

Недоліки: Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Обмежена відстань вимірювань: Чутливість до температурних змін: Вартість:

Використання *сенсорів із ефектом Холла* для вимірювання обертів в автомобілях є досить поширеним методом, оскільки вони забезпечують високу чутливість та точність вимірювань.

Преваги: Висока чутливість та точність: Безконтактний принцип роботи:

Недоліки: Чутливість до електромагнітних впливів: Вартість:  
Можливість деформації магнітного поля: Потреба в додаткових заходах захисту:

Використання *магніторезистивних* сенсорів для вимірювання обертів в автомобілях є популярним методом, оскільки ці сенсори можуть надавати високу чутливість та відмінну лінійність вимірювань.

Преваги: Робота зі статичного положення, Висока чутливість: Лінійність вимірювань: Можливість вимірювання високих швидкостей обертання: Безконтактний принцип роботи:

Недоліки: Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Вплив на температурні зміни: Вартість: Залежність від конкретних умов установки:

Вибір методу вимірювання обертів в автомобілях, також використовуючи магнітний трансформатор, може бути обумовлений конкретними вимогами і умовами застосування.:

Преваги: Безконтактний принцип роботи: Висока чутливість: Можливість вимірювання великих кутів обертання: Можливість вимірювання високих швидкостей обертання, Відсутність впливу електромагнітного шуму:

Недоліки: Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Температурна чутливість: Вартість: Вага та розмір.

## 4. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СЕНСОРА ОБЕРТІВ І ПОЛОЖЕННЯ

### 4.1 Принцип роботи і будова обертового трансформатора

Більшість сенсорів положення, такі як індуктивний датчик і датчик частоти обертання (датчик, що працює на ефекті Холла, англ. Hall sensor), можуть визначати тільки положення обертового компонента.

Обертовий трансформатор (інша назва: резольвер, від англ. Resolver) може визначати положення обертових компонентів незалежно від того, рухливі вони чи ні.

Резольвер можна порівняти з обертовим трансформатором зі змінним повітряним проміжком.

Ротор проводить магнетизм; особлива форма ротора дозволяє визначити його положення.

Обертовий трансформатор (рис. 4.1) має тривалий термін служби, оскільки в ньому відсутні механічні контакти. Крім того, він досить точний і стійкий до вібрацій.

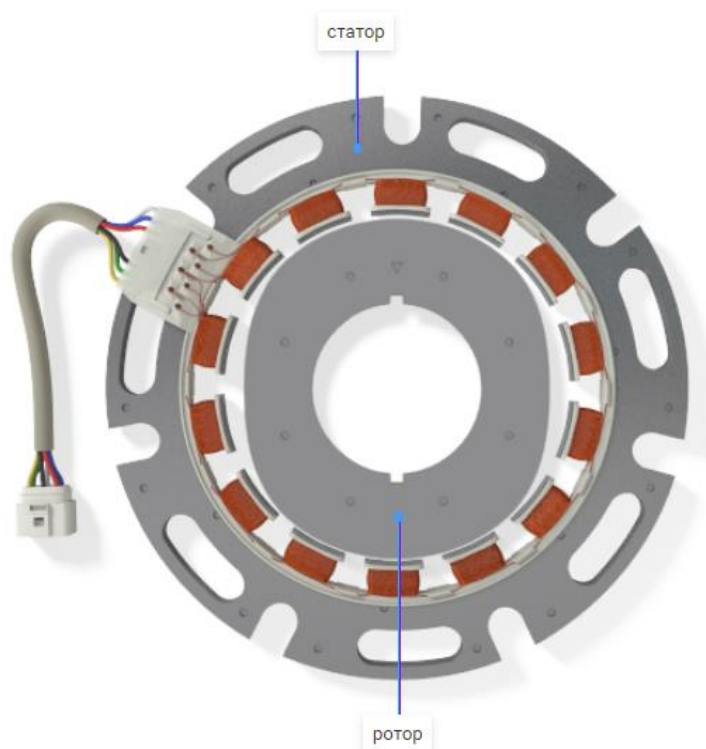


Рисунок 4.1 – Обертовий трансформатор

Статор складається з декількох обмоток і має 6 виводів.

У трансформаторі напруга змінного струму перетворюється, переходячи з однієї обмотки на іншу через залізне осердя (рис. 4.2).

У зображеному трансформаторі осердя має овальну форму, для того, щоб напруга на виході змінювалася. Якщо одна з обмоток намотана в протилежному напрямку, вихідна напруга зміниться на протилежну.

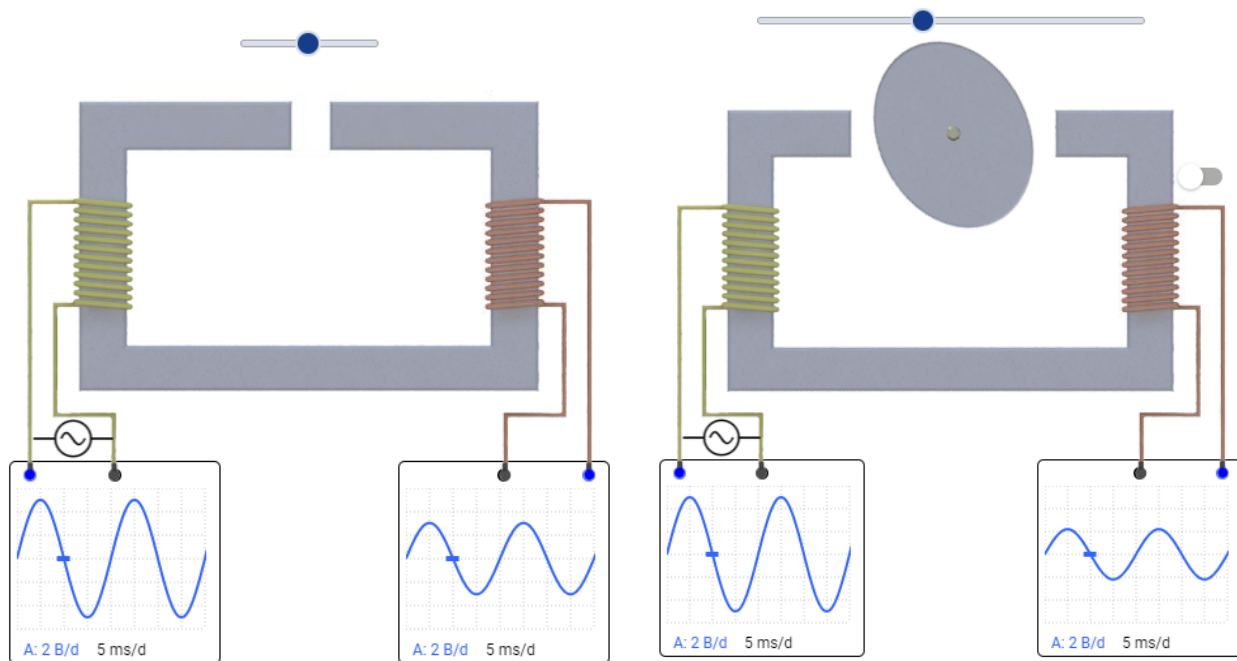


Рисунок 4.2 – Принцип обертового трансформатора

Обертовий трансформатор складається з декількох обмоток (рис. 4.3).

Трансформатор найкраще перетворює напругу в напрямку ротора, оскільки в цьому місці повітряний проміжок найменший.

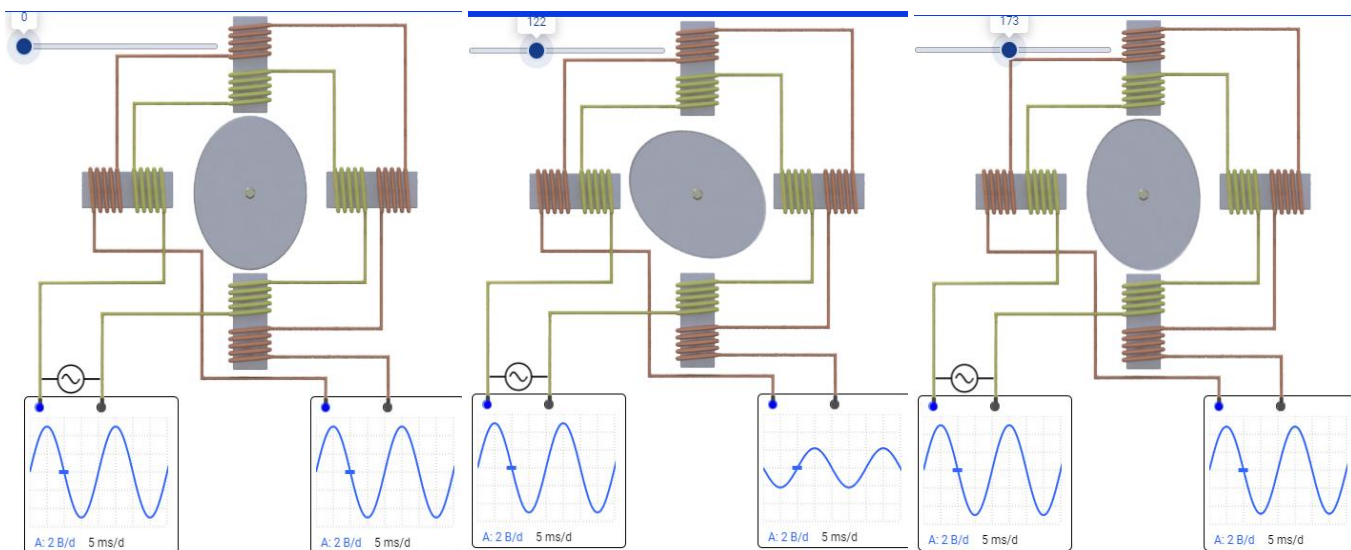


Рисунок 4.3 – Принцип обертового трансформатора

До кожного виводу приєднані чотири обмотки. Дві - в одному напрямку, і дві - в протилежному напрямку. Завдяки такому розміщенню, кожен раз, коли ротор розташований під кутом  $90^\circ$ , вимірюється різна напруга.

## 4.2. Краща робота і робота зі статичного місця

Нерухомий. Положення ротора можна точно визначити за допомогою двох датчиків (рис. 4.4).

При додаванні одного датчика сигнал на вході називається опорним, а два сигнали на виході - синусоїдальним і косинусоїдальним відповідно. При повороті ротора на  $180^\circ$  датчик не реєструє ніяких змін.

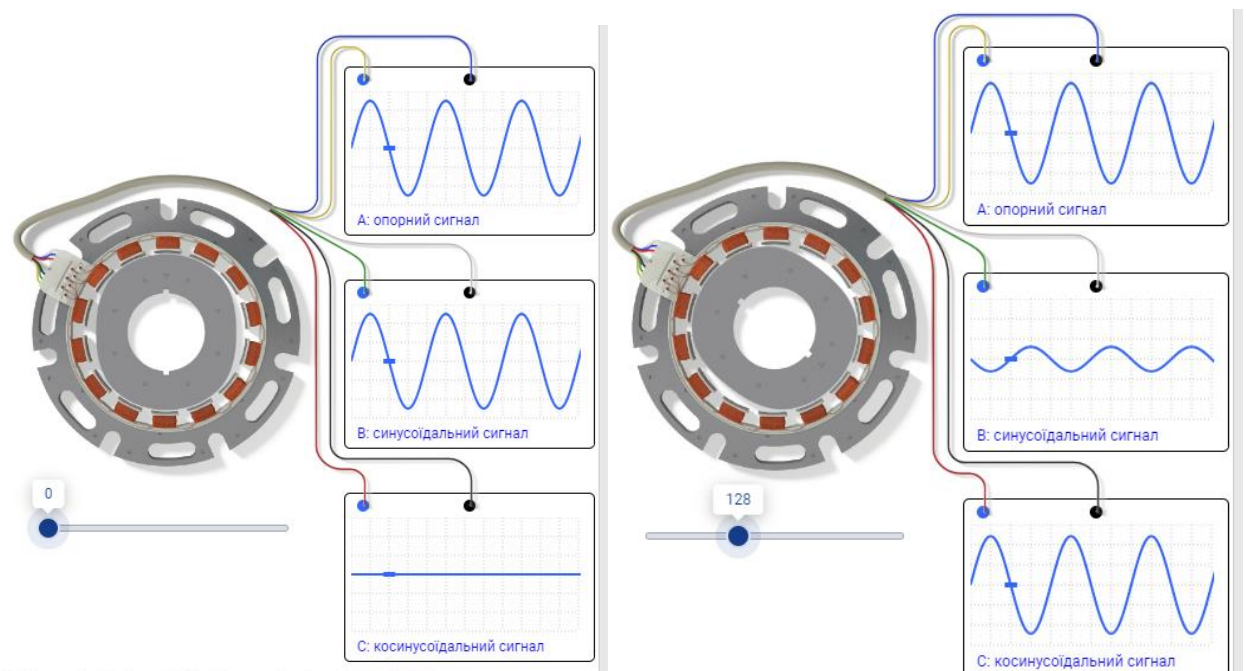


Рисунок 4.4 – Принцип статичної роботи обертового трансформатора

Коли ротор починає обертатися, коливання сигналу збільшуються.

Якщо швидкість обертання досить висока, віртуальна синусоїдальна хвиля стає видимою (рис.4.5). ЕБК використовує цю хвилю для визначення швидкості і положення ротора.

На рисунку 4.5 бачимо хвилю при частоті обертання 5%. І бачимо один період, а за збільшення частоти обертання кількість періодів збільшується.

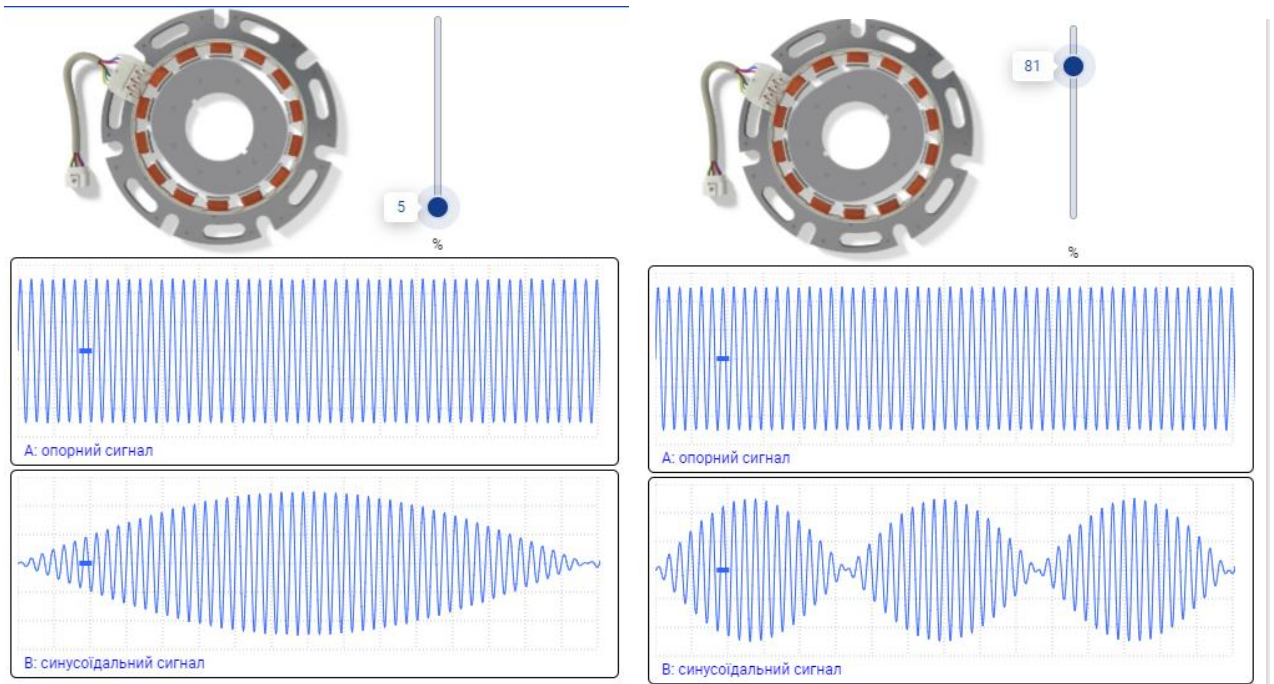


Рисунок 4.5 – збільшення частоти обертання кількість періодів збільшується обертового трансформатора

На рисунку 4.6 показані синусоїдальний і косинусоїдальний сигнали.

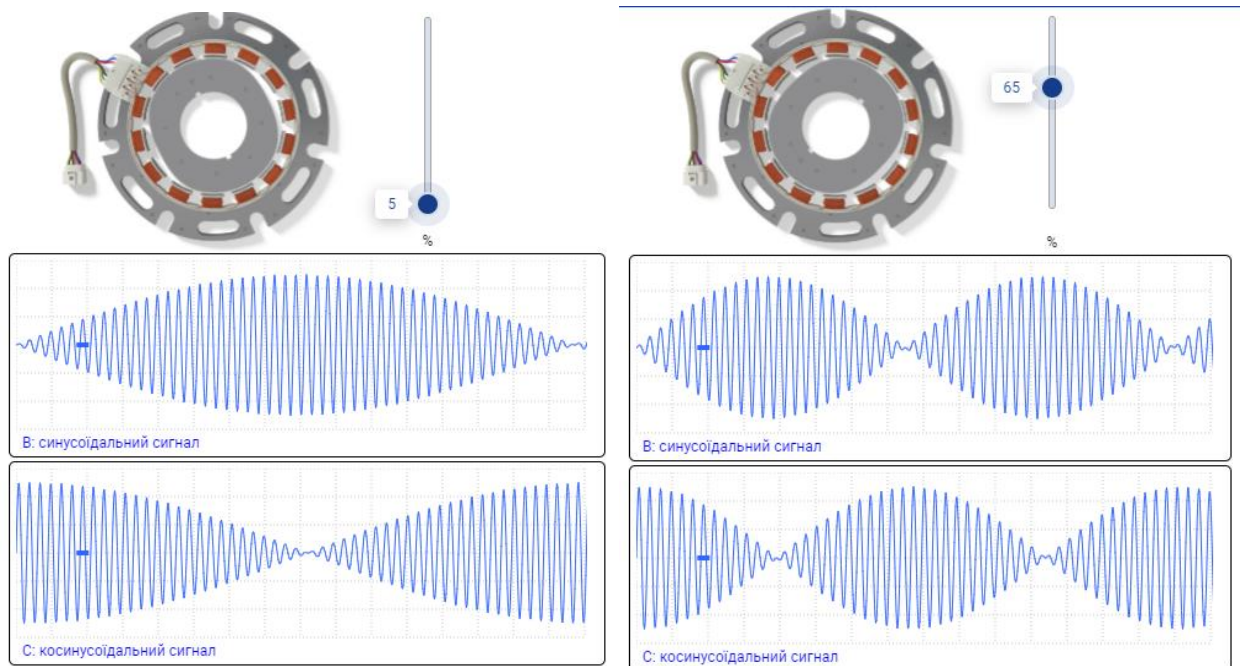


Рисунок 4.6 – Синусоїдальний і косинусоїдальний сигнали.

За збільшення частоти обертання обидва сигнали звужуються.

На рисунку 4.7 ми бачимо всі сигнали сенсора, проаналізуємо їх на положенні 11 градусів.



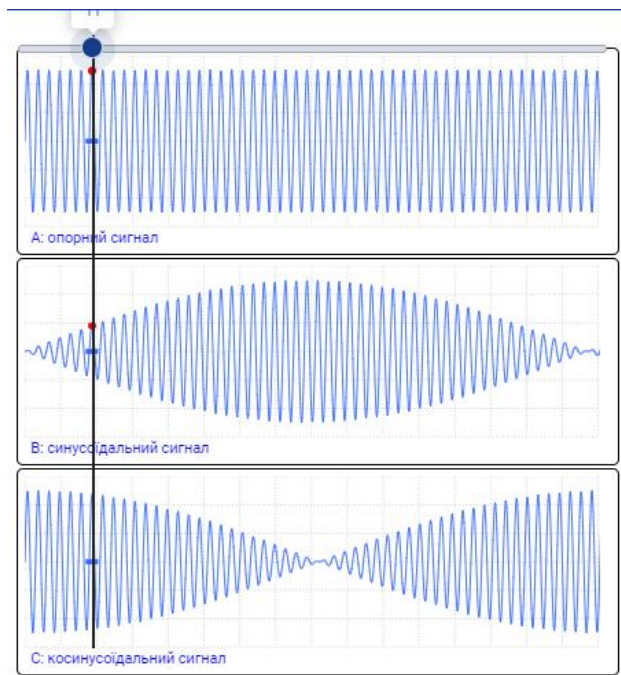


Рисунок 4.7– всі сигнали обертового трансформатора на 11 градусів  
Напряга опорного, синусоїдального і косинусоїдального сигналів  
максимально позитивна.

На рисунку 4.8 ми бачимо всі сигнали сенсора, проаналізуємо їх на  
положенні 62 градусів.

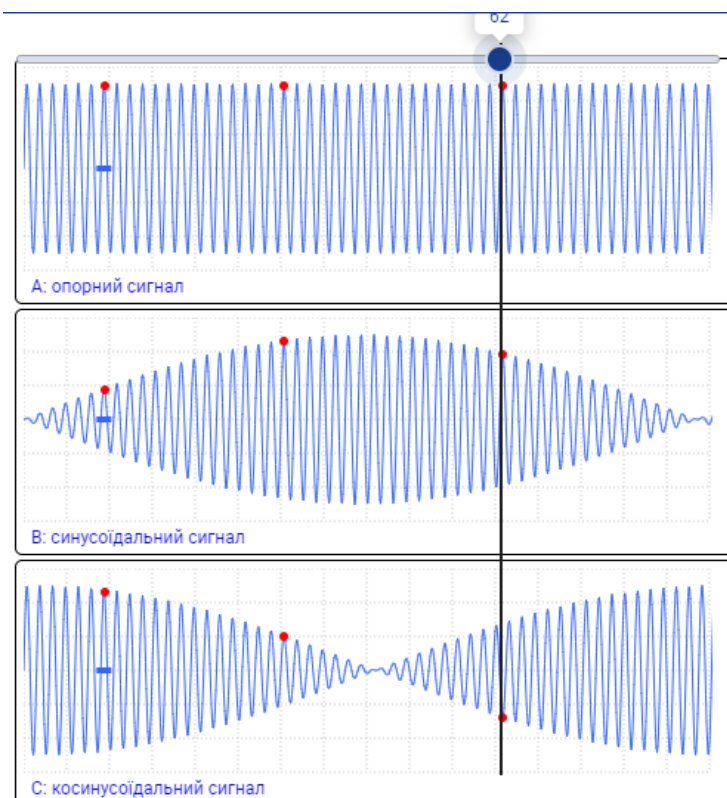


Рисунок 4.8– всі сигнали обертового трансформатора на 62 градуси

Напруга опорного і синусоїдального сигналів максимально позитивна, а косинусоїдального максимально негативна.

На рисунку 4.9 ми бачимо один повний оберт.

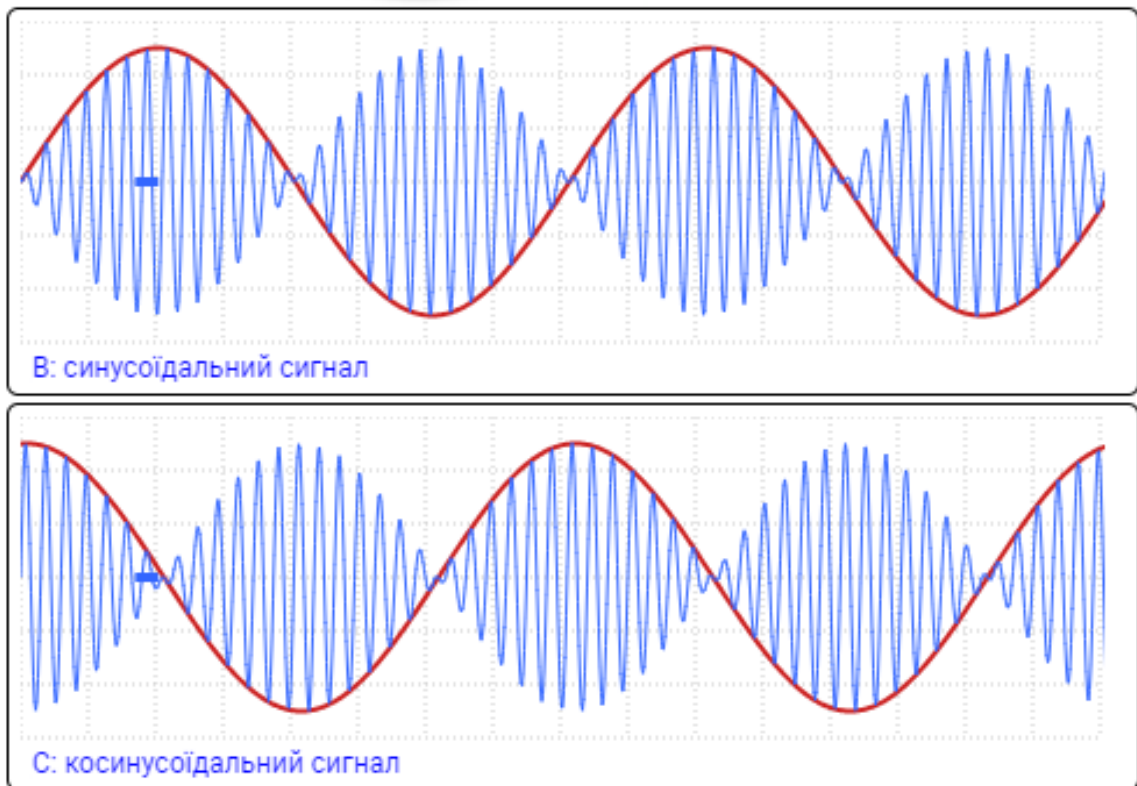


Рисунок 4.9– всі сигнали обертового трансформатора 1 оберт

За допомогою синусоїдального сигналу можна визначити положення, він має 2 періоди. Він відправляє за один оберт 2 однакові сигнали. Порівнюючи два сигнали можна знайти точне положення двигуна.

### Висновки до розділу

Обертовий трансформатор має декілька переваг для визначення положення двигуна в автомобілях:

Безконтактний принцип роботи: обертовий трансформатор працює безконтактно, не потребує фізичного контакту з рухомими частинами, що підвищує його довговічність і зменшує знос.

Чутливість до обертання: цей тип трансформатора є чутливим до змін положення та обертання, дозволяючи точно вимірювати положення двигуна або його частин.

Можливість вимірювання великих кутів обертання: обертові трансформатори можуть вимірювати великі кути обертання, що дозволяє їх використовувати в різних системах автомобільного управління.

Ідеальність для високих обертальних швидкостей: вони дозволяють вимірювати обертання при високих швидкостях, що може бути важливим для ефективного управління двигуном та трансмісією.

Низькі вимоги до обслуговування: безконтактна робота і відсутність рухомих частин, що тертають одна об одну, роблять обертові трансформатори менш вразливими до витрати та зносу, що знижує потребу в обслуговуванні.

Узагальнюючи, обертовий трансформатор є ефективним інструментом для точного вимірювання положення двигуна в автомобілях, забезпечуючи надійність та стабільність вимірювань при різних умовах експлуатації.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації обладнання

Виробничий травматизм зумовлений організаційними, технічними, психофізіологічними та санітарно-гігієнічними причинами. Аналіз виробничого травматизму дозволяє не лише виявити причини, а визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики травматизму [18].

Для аналізу виробничого травматизму застосовують багато різноманітних методів, основні з яких можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, монографічні, економічні, анкетування, ергономічні, психофізіологічні, експертних оцінок та інші [17].

Причини виробничого травматизму поділяються на такі основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

Чинники та обставини, які впливають на хід подій за час від початкової до небажаної події можуть бути такими:

Наявність струму на корпусі світильника:

а) відсутність захисного заземлення:

- не виконувалося заземлення;
- пошкоджено захисне заземлення.

б) пошкодження ізоляції :

- відсутність профілактичних заходів;
- неправильна експлуатація.

Дотик обслуговуючого персоналу оголеними частинами тіла до корпусу світильника:

а) недотримання правил техніки безпеки:

- відсутність захисної огорожі;

- недотримання вимог щодо спецодягу обслуговуючого персоналу;
- невиконання правил техніки безпеки;
- б) невикористання засобів індивідуального захисту:

- халатність працівника;
- недостатній контроль працівників.

Отже, Такі чинники, відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання профілактичних заходів щодо огляду робочого місця, нехтування правилами техніки безпеки можуть бути причиною травмування робочого персоналу.

Для нашого випадку можливими заходами та засобами запобігання дії шкідливого чинника є:

- проведення профілактичних заходів;
- завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій, застосовуючи формули [16].

Вимоги безпеки до початку роботи:

- Заземлення є обов'язковим!
- Перевірити надійність заземлення електросвітильника і електрощитів.
- Опір ізоляції відносно землі електрично зв'язаних кіл повинен бути не менше 1,0 МОм.
- Опір ізоляції вимірюється мегомметром 1000-2500В.
- Перевірити візуальну справність органів контролю індикації,.
- Уважно оглянути робоче місце, привести його в порядок. Забрати всі предмети, що заважають роботі. Робочий інструмент, пристосування і допоміжний матеріал, перевірити їхню справність.

Вимоги безпеки під час роботи :

- Управління роботою освітлення у заданому режимі відбувається автоматично.

-При огляді працюючої системи освітлення забороняється виконувати любі роботи в системі автоматики і захисту і вимірювальних приладах.

-Не доторкатися голими руками до неізольованих поверхонь трубопроводів подачі гарячої води.

## **5.2 Планування заходів з покращення охорони праці**

Основні заходи щодо попередження та усунення причин виробничого травматизму бувають на організаційні та технічні.

До технічних заходів належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки.

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих чинників. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування [18].

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації та пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском [16].

### 5.3 Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації обладнання

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі.

Кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Таблиця 5.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

Шифр	Назва події	Ймовірність
P <sub>1</sub>	Відсутність захисного заземлення	0,04
P <sub>2</sub>	Пошкодження захисного заземлення	0,03
P <sub>3</sub>	Пошкодження ізоляції	0,1
P <sub>4</sub>	Неправильна експлуатація обладнання	0,02
P <sub>5</sub>	Відсутність профілактичних заходів	0,1
P <sub>6</sub>	Відсутність захисного щита	0,2
P <sub>7</sub>	Незнання правил техніки безпеки	0,09
P <sub>8</sub>	Недотримання правил техніки безпеки	0,1
P <sub>9</sub>	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,3
P <sub>10</sub>	Халатність	0,06

Складемо логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електроопаленням (рис.5.1).

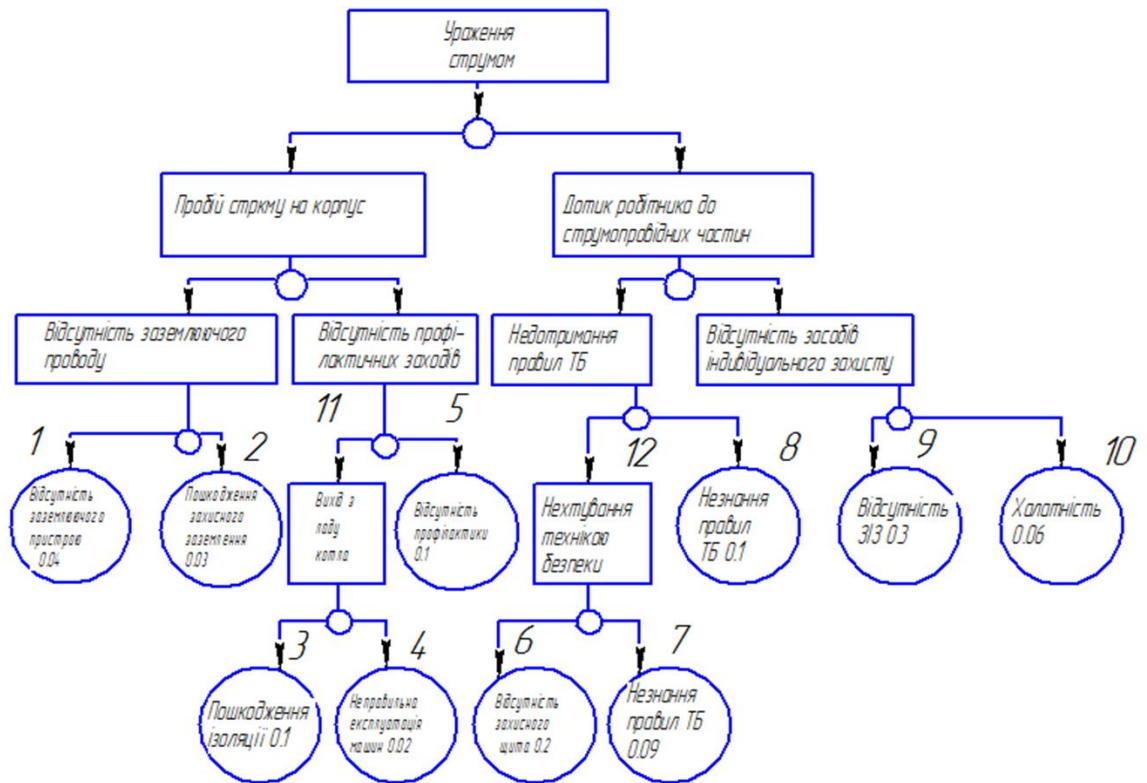


Рисунок 5.1 – Логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням.

Нехай дві базові події з ймовірністю "I" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події  $P_3$  можна визначити так:

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (5.1)$$

Оператор "I" об'єднує n події з ймовірностями  $P_1, P_2, \dots, P_n$ . Тоді ймовірності вихідної події P буде:

$$P_3 = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n \quad (5.2)$$

Дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора "Або", входять до третьої події. Тоді ймовірність  $P_3$  буде.

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \times P_2 \quad (5.3)$$

Оператор "Або" об'єднує 3 базові події з ймовірностями  $P_1, P_2, P_3$ , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю  $P_4$ . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3 \quad (5.4)$$

За допомогою даних залежностей ми проводимо розрахунок ймовірності виникнення травми про роботі з електроосвітленням. Ймовірність виникнення



вихідних подій задаємо умовно. Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (4.4), Отримаємо ймовірність події 13:

$$P_{13} = 0,03 + 0,01 - 0,03 \cdot 0,01 = 0,0397.$$

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 \times P_5; \quad (5.5)$$

$$P_{11} = 0,02 + 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,118.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 \times P_7; \quad (5.6)$$

$$P_{12} = 0,2 + 0,09 \cdot 0,2 \cdot 0,09 = 0,20.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 \times P_{10}; \quad (5.7)$$

$$P_{13} = 0,04 + 0,06 \cdot 0,04 \cdot 0,05 = 0,0401.$$

$$P_{14} = P_{11} \times P_5; \quad (5.8)$$

$$P_{14} = 0,118 \times 0,1 = 0,0118.$$

$$P_{15} = P_{12} \times P_8; \quad (5.9)$$

$$P_{15} = 0,20 \times 0,1 = 0,022.$$

$$P_{16} = P_{13} + P_{14} - P_{13} \times P_{14}; \quad (5.10)$$

$$P_{16} = 0,0401 + 0,0118 - 0,0401 \cdot 0,0118 = 0,0142.$$

$$P_{17} = P_{14} \times P_{15}; \quad (5.11)$$

$$P_{17} = 0,0118 \times 0,022 = 0,00250.$$

$$P_{18} = P_{16} + P_{17} - P_{16} \times P_{17}; \quad (5.12)$$

$$P_{18} = 0,0142 + 0,00250 - 0,0142 \times 0,0190 = 0,144.$$

Таким чином на під час роботи електричної освітлювальної системи на при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 14,4 травм. Якщо підвищити професійний рівень, поліпшити контроль та виготовити профілактичні засоби за всіма вимогами безпеки, то можна побачити на моделі шляхом повторного

розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки - до 1.

#### **5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Захист цивільного населення у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей та шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Забезпечення безпеки та захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від масштабних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатись як невід'ємна частина державної політики, національної безпеки та державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади.

При загрозі радіоактивного забруднення місцевості керівник ЦЗ об'єкта відповідно до плану ЦЗ дає розпорядження привести в готовність формування для захисту тварин. Для догляду за тваринами в приміщеннях залишають мінімальну кількість працівників 3-5 осіб, але не менше 3 на приміщення. За наявності дійних корів залишають 5-7 осіб на 150-200 тварин [17].

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Мета даної роботи дослідити та провести аналіз вибору датчика швидкості обертання колінчастого вала двигуна як важливого компонента системи управління автомобільним двигуном.

Задачі роботи: Визначення вимог до роботи датчика швидкості обертання з урахуванням функціональних особливостей автомобільного двигуна та систем управління.

Огляд типів сенсорів. Дослідження різних типів датчиків швидкості обертання колінчастого вала, їхні переваги та недоліки.

Аналіз впливу на систему управління. Визначення взаємодії датчика швидкості з іншими компонентами системи управління, виявлення його впливу на ефективність та екологічні показники.

Провести аналіз переваг і недоліків сенсорів визначення параметрів обертання

Визначити найбільш прийнятний сенсор і проаналізувати його.

Зробити висновки.

У другому розділі ми визначили що в автомобілях використовуються декілька типів сенсорів обертів, які вимірюють швидкість обертання різних частин транспортного засобу. Ці дані важливі для правильної роботи різних систем автомобіля. Ось основні типи сенсорів обертів, які можна знайти в більшості сучасних автомобілів :

Датчик обертів коліс, датчик обертів колінвалу, датчик обертів валу розподільчого механізму, датчик обертів коробки передач, датчик обертів вентилятора радіатора, датчик обертів рульового валу.

В сенсорі з елементом Холла (Hall Effect Sensor) використовується ефект Холла для вимірювання магнітного поля, яке змінюється при обертанні магнітного диска на валу колеса або двигуна. Зміна магнітного поля генерує електричний сигнал, який потім інтерпретується системою управління.

Індуктивний сенсор (Inductive Sensor) використовує принцип індукції для виявлення металевих зубців або різців на обертовому валу. Зміна магнітного

поля при проходженні металевих елементів генерує змінний струм, який використовується для вимірювання обертань.

Оптичний сенсор (Optical Sensor): Оптичні датчики використовують світловий промінь, який переривається обертовим диском, що містить спеціальні отвори або різці. Переривання світлового потоку генерує електричний сигнал, який використовується для визначення швидкості обертання.

П'єзоелектричний сенсор (Piezoelectric Sensor) генерує електричний сигнал при зміщенні або деформації кристалу п'єзоелектрика. Цей сигнал відображає обертання або вібрації.

Магнітний резистивний датчик (Magnetic Resistive Sensor): Цей тип датчика використовує зміни опору магнітної резистивності при обертанні магнітного елемента, вбудованого в обертовий вал, працює зі статичного положення.

Акселерометр в основному вимірює прискорення, їх можна також використовувати для визначення швидкості обертання, використовуючи алгоритми обробки даних.

Сенсор з потенціометром, на валу, який обертається, розміщений потенціометр (резистор, у якому опір змінюється при обертанні).

Сенсор з обертовим трансформатором використовує принцип роботи трансформатора для вимірювання обертань валу чи ротора. Основна ідея полягає в тому, що зміна магнітного поля в результаті обертання генерує змінний струм або напругу в обмотці трансформатора, яку можна виміряти для визначення положення або швидкості обертання. Сигнал, що генерується в обмотці постійного струму, може бути виміряний та інтерпретований для визначення положення або швидкості обертання.

Сенсор обертів із *потенціометром* може використовуватися, але в більшості сучасних автомобільних систем цей метод зазвичай застосовується менше через його обмежену точність та меншу стійкість до зносу порівняно з іншими технологіями.

Преваги: Простота та невелика вартість: Доступність: Просте калібрування:

Недоліки: Знос і витрати, Вплив вібрацій та поштовхів: Обмежена довговічність: Залежність від температурних та вологістних умов: Обмежені кути обертання:

Загалом, використання *акселерометра* для вимірювання обертів в автомобілях може бути ефективним, особливо для додаткових систем, але важливо усвідомлювати обмеження та вирішувати їх в конкретних умовах застосування.

Преваги: зазвичай мають компактний розмір, Легка установка: Висока точність вимірювань прискорення. Невелика вартість:

Недоліки: Неідентичність між прискоренням і обертанням. Вплив вібрацій і похибок: Залежність від монтажу: Обмежена вимірювана ділянка обертів:

Використання *п'єзоелектричних* сенсорів може бути ефективним в конкретних сценаріях вимірювань обертів, особливо якщо важливо забезпечити високу точність і чутливість вимірювань

Преваги: Висока точність вимірювань: Висока чутливість: Безконтактність: Широкий діапазон робочих температур:

Недоліки: Вплив вібрацій та шуму: Слабка виправленість: Залежність від матеріалів, менш універсальні.

У загальному, *оптичні* сенсори є ефективними для вимірювання обертів у багатьох застосуваннях, але важливо враховувати особливості конкретного середовища та вимоги системи вимірювань при виборі цього методу. Преваги: Висока точність: Безконтактність: Можливість вимірювання великих кутів обертання: Широкий діапазон робочих умов.

Недоліки: Чутливість до бруду і забруднень: Вплив наочних умов: Вища вартість: Складніше обладнання.

Використання *індуктивних* сенсорів для вимірювання обертів в автомобілях є поширеним підходом.

Преваги: Надійність та довговічність: Можливість вимірювання високих швидкостей обертання: Відсутність фізичного контакту: Сприятливі умови для електроніки:

Недоліки: Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Обмежена відстань вимірювань: Чутливість до температурних змін: Вартість:

Використання *сенсорів із ефектом Холла* для вимірювання обертів в автомобілях є досить поширеним методом, оскільки вони забезпечують високу чутливість та точність вимірювань.

Преваги: Висока чутливість та точність: Безконтактний принцип роботи:

Недоліки: Чутливість до електромагнітних впливів: Вартість: Можливість деформації магнітного поля: Потреба в додаткових заходах захисту:

Використання *магніторезистивних* сенсорів для вимірювання обертів в автомобілях є популярним методом, оскільки ці сенсори можуть надавати високу чутливість та відмінну лінійність вимірювань.

Преваги: Робота зі статичного положення, Висока чутливість: Лінійність вимірювань: Можливість вимірювання високих швидкостей обертання: Безконтактний принцип роботи:

Недоліки: Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Вплив на температурні зміни: Вартість: Залежність від конкретних умов установки:

Вибір методу вимірювання обертів в автомобілях, також використовуючи магнітний трансформатор, може бути обумовлений конкретними вимогами і умовами застосування.:

Преваги: Безконтактний принцип роботи: Висока чутливість: Можливість вимірювання великих кутів обертання: Можливість вимірювання високих швидкостей обертання, Відсутність впливу електромагнітного шуму:

Недоліки: Чутливість до зовнішніх магнітних полів: Температурна чутливість: Вартість: Вага та розмір.

Обертовий трансформатор має декілька переваг для визначення положення двигуна в автомобілях:

Безконтактний принцип роботи: обертовий трансформатор працює безконтактно, не потребує фізичного контакту з рухомими частинами, що підвищує його довговічність і зменшує знос.

Чутливість до обертання: цей тип трансформатора є чутливим до змін положення та обертання, дозволяючи точно вимірювати положення двигуна або його частин.

Можливість вимірювання великих кутів обертання: обертові трансформатори можуть вимірювати великі кути обертання, що дозволяє їх використовувати в різних системах автомобільного управління.

Ідеальність для високих обертальних швидкостей: вони дозволяють вимірювати обертання при високих швидкостях, що може бути важливим для ефективного управління двигуном та трансмісією.

Низькі вимоги до обслуговування: безконтактна робота і відсутність рухомих частин, що тертають одна об одну, роблять обертові трансформатори менш вразливими до витрати та зносу, що знижує потребу в обслуговуванні.

Узагальнюючи, обертовий трансформатор є ефективним інструментом для точного вимірювання положення двигуна в автомобілях, забезпечуючи надійність та стабільність вимірювань при різних умовах експлуатації.

..

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Khimka S. CONTROL LIGHTING BY MEANS OF VIRTUAL CONTROL MEASUREMENT DEVICE. / Stepan Khimka, Stanislaw Sosnowski // MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszów, 2016 – Vol. 18, №8. с 85–89
2. Германюк М., Гладюк І. Обґрунтування полегшеної системи живлення електромобіля. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: тези доп. Міжнар. студ. наук. форуму. (4–6 жовтня 2023 року). Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. С. 432. (Науковий керівник: к.т.н., доц. Хімка С.М.).
3. Дільний Н., Германюк М. Аналіз і обґрунтування вибору давача швидкості обертання колінчастого вала двигуна. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: тези доп. Міжнар. студ. наук. форуму. (4–6 жовтня 2023 року). Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. С. 433. (Науковий керівник: к.т.н., доц. Хімка С.М.). Кислик В.Ф., Лущик В.В. Будова і експлуатація автомобілів. Київ: “Либідь”, 2006. 400 с.
4. Гладюк І., Олексів О. Долодження ринку послуг обслуговування електромобілів з на-пругою системи понад 1000 В. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: тези доп. Між-нар. студ. наук. форуму. (4–6 жовтня 2023 року). Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. С. 434
5. Сажко В. А. С14 Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. Київ. Каравела, 2008. 400 с. ISBN 966-96331-1-7
6. Electude - Автомобільні основи [https://lnau.electude.su/bundle\\_17945301](https://lnau.electude.su/bundle_17945301) (дата звернення 31.10.2022 р.)
7. Підручник з будови автомобіля. <https://greenway.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilj> (дата звернення 31.10.2022 р.)
8. Auto 24 [https://auto.24tv.ua/budova\\_avtomobilia\\_chotyry\\_skladovi\\_n31927](https://auto.24tv.ua/budova_avtomobilia_chotyry_skladovi_n31927) (дата звернення 31.10.2022 р.).
9. Для автоелектриків <https://sites.google.com/site/dlaavtoelektrikiv/> (дата звернення 31.10.2022 р.).
10. ДСТУ 12.1.003-03 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2008.



11. Антощенко В.М. Трактори та автомобілі. Ч.4. Робоче, додаткове і допоміжне обладнання Харків, 2016. 164 с.
12. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів Київ: Урожай, 1994. 224 с.
13. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання Київ: Вища школа, 2011. 180с.
14. Головчук А.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Книга 1. Трактори Київ: Грамота, 2013. 336 с.
15. Лебедєв А.Т. Трактори та автомобілі. Ч.3. Шасі Київ: Вища школа, 2014. 336с.
16. Надикто В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві Мелітополь, 2015. 337 с.
17. Лехман С.Д., Целинський В.П., Козирєв С.М. Довідник з охорони праці в сільському господарстві: Запитання і відповіді. Київ: Урожай, 1999. 400с.
18. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 267с.
19. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.tesla.com/models>
20. Федішин Б.М., Борисик Б.В., Вовк М.В. Хімія та екологія атмосфери. Київ: Алеута, 2013. 272с.
21. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 206с.
22. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.smart.com/en/en/index/smart-eq-fortwo-453/technical-data.html>