

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розробка мікропроцесорної навігаційної системи автоматизованого
транспортного засобу» (комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КА-41
спеціальності 151 «Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Дерев'яний А.Я. (прізвище та ініціали)
	(підпис)	Музика В.І. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Капаціла Ю.Б. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Козбур В.Р. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Савків В.Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Станько А.А. (прізвище та ініціали)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Структурна схема апаратного забезпечення системи – 1 аркуш формату А1. Плата формування
сигналу – 1 аркуш формату А1. Плата гоніометра – 1 аркуш формату А1. Плата гіроскопа –
1 аркуш формату А1.

[illegible]

7. Дата видачі завдання 30 січня 2024 року

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Деревяний А.Я.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Капаціла Ю.Б.
(прізвище та ініціали)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Плата приводу – 1 аркуш формату А1. Плата лазерного діода, плата драйвера фотодатчика,
плата формування сигналу, інтерфейсна плата – 1 аркуш формату А1. Плата бортового
навігатора – 2 аркуші формату А1.

[illegible]

7. Дата видачі завдання 30 січня 2024 року

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Музика В.І.
(прізвище та ініціали)

Капаціла Ю.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:
«Розробка мікропроцесорної навігаційної системи автоматизованого
транспортного засобу» (комплексна тема)
студентів групи КА-41 Дервяного А. Я., Музики В. І.

Розрахунково-пояснювальна записка: 85 аркушів формату А4, 9 рисунків,
8 формул, 20 літературних джерел, графічна частина – 8 аркушів формату А1

Мета роботи: розроблення мікропроцесорної навігаційної системи
автоматизованого транспортного засобу.

Для досягнення поставленої мети виконано завдання:

- вивчено сучасний стан питання, виконано літературний огляд за темою роботи, сформульовано висновки та основні завдання;
- розглянуто питання керування автоматизованим транспортним засобом;
- розроблено загальне компонування навігаційної системи;
- розроблено апаратне забезпечення системи;
- розроблено алгоритм навігації та керування автоматизованим транспортним засобом;
- розроблено алгоритм роботи бортового навігатора;
- розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний,
порівняльний, математичного моделювання; теоретико-емпіричний.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ,
АЛГОРИТМ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ, ТРАЄКТОРІЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Призначення, особливості конструкції та сфера застосування автоматизованих транспортних засобів.....	10
1.2 Призначення, різновиди та особливості навігаційних системи автоматизованих транспортних засобів.....	17
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.....	23
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	24
2.1 Загальна характеристика системи, яка розробляється	24
2.2 Загальне компонування навігаційної системи.....	28
2.3 Розроблення навігаційної системи	29
2.3.1 Оптична навігаційна система.....	30
2.3.2 Бортова навігаційна система.....	33
2.4 Загальний алгоритм навігації	34
2.5 Розроблення апаратного забезпечення системи	35
2.5.1 Плата формування сигналу	35
2.5.2 Схема контуру фазового автопідстроювання	35
2.5.3 Схема формування сигналу	36
2.5.4 Модуль гоніометра	39
2.5.5 Модуль гіроскопа	45
2.5.6 Інтерфейсна плата	50
2.5.7 Налаштування режиму читання.....	51
2.5.8 Вибір напрямку руху.....	52
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	54
3.1 Розроблення та дослідження модуля приводу.....	54
3.3 Апаратна реалізація для теорії приводу.....	56
3.4 Плата бортового навігатора	58
3.5 Алгоритм роботи бортового навігатора.....	59
3.6 Інші функції бортового навігатора.....	63

3.7 Схеми бортового навігатора	64
3.8 Процедури переривання.....	67
4 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	70
4.1 Працездатність людини-оператора.	70
4.2 Психологічні причини нещасних випадків і травматизму.....	73
4.3 Значення автоматизації виробничих процесів в питаннях охорони праці....	75
3.4. Інженерно-технічні заходи з охорони праці	79
ВИСНОВКИ	82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	84

ВСТУП

Ефективне функціонування автоматизованих транспортних засобів (АТЗ) неможливе без апаратного забезпечення для визначення положення транспортного засобу та навігації. В цій роботі виконано розробку системи, яка складається з двох взаємодоповнюючих систем навігації, оптичної системи та «наземної» системи.

Оптична навігаційна система побудована на базі оптичного гоніометра, який використовує інфрачервоний лазерний промінь для сканування робочого середовища на наявність пасивних відбиваючих маяків. Використовуючи кути, під якими видно маяки, і відповідні координати маяків x , y бортовий комп'ютер транспортного засобу може розрахувати точне «фіксоване» положення.

Наземна навігаційна система використовує інформацію від кодера колеса та гіроскопа для оновлення інформації про положення транспортного засобу за допомогою спеціальної плати процесора. Обидві навігаційні системи взаємодіють одна з одною, щоб мінімізувати помилки у визначенні позиції.

Центральним апаратним компонентом є бортовий комп'ютер, який координує функції навігаційної системи та надає дані для керування рухом транспортного засобу. Уся інформація до бортового комп'ютера та від нього передається через периферійні плати, які перетворюють дані у відповідну форму, яку вимагає комп'ютер або зовнішнє обладнання.

Маршрут транспортного засобу призначається контролером базової станції через цифровий радіозв'язок як набір координат x , y , які потрібно пройти. Бортовий комп'ютер уточнює координати траєкторії, а потім може продовжувати рух за наміченим шляхом.

Поправка на відхилення від цього шляху вноситься під час руху транспортного засобу, щоб дозволити транспортному засобу точно досягти місця призначення.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення, особливості конструкції та сфера застосування автоматизованих транспортних засобів

Автоматизовані транспортні засоби (АТЗ), які ще називають самокерованими транспортними засобами або автономними транспортними засобами, автоматизовані керовані транспортні засоби – це системи переміщення матеріалів або вантажопідйомники, які пересуваються автономно складом, розподільним центром або виробничим підприємством без бортового оператора чи водія.

Хоча термін «автоматизований» зазвичай використовуються як синоніми з «автономним», транспортні засоби, які наразі представлені на ринку, не здатні працювати повністю автономно та ними не можна керувати без втручання людини-оператора, втручання людини необхідне для запуску та обслуговування обладнання, тому стосовно до транспортних засобів прийнято вживати термін «автоматизований».

Розрізняють шість рівнів автоматизації керування транспортними засобами.

0 рівень – без автоматизації. Транспортний засіб повністю управляється водієм. Допомога водієві надається у вигляді попереджень; наприклад, попередження про сліпі зони або виїзд зі смуги руху.

1 рівень. Водій повністю керує транспортним засобом за допомогою однієї автоматизованої функції. Це може бути у формі автоматичного прискорення та гальмування, як у випадку з адаптивним круїз- контролем , у якому швидкість транспортного засобу регулюється автоматично, щоб не відставати від швидкості руху на безпечній відстані; або автоматизоване рульове керування, у якому водієві допомагають такі функції, як центрування смуги руху.

2 рівень. Як і на 1 рівні, водій повністю контролює керування транспортним засобом. Однак автоматизація на цьому рівні включає допомогу від двох автоматизованих функцій, наприклад, прискорення, гальмування або

керування.

3 рівень. За певних умов автоматизація на цьому етапі дозволяє транспортному засобу працювати автономно, але водій-людина повинен активно стежити за умовами та негайно взяти під контроль транспортний засіб, коли система попередить його.

4 рівень. На 4 рівні транспортний засіб повністю працює самостійно у встановлених межах, не потребуючи уваги або допомоги з боку людини-водія, і може не мати таких опцій, як педалі чи кермо.

5 рівень. Повністю самокеровані транспортні засоби, які не потребують допомоги водія чи моніторингу та працюють без обмежень чи умов. Хоча робота над цією технологією зараз активно ведеться, прогнози експертів щодо термінів її впровадження та доступності значно відрізняються.

Автоматизовані керовані транспортні системи використовуються для завдань, які зазвичай виконуються за допомогою вилкових навантажувачів, конвеєрних систем або ручних візків, переміщуючи великі обсяги матеріалу повторюваним способом.

АТЗ використовуються в різних галузях. Їх часто використовують для транспортування сировини, матеріалів, напівфабрикатів засобів технологічного та інструментального оснащення, деталей, складальних одиниць і готових виробів. Наприклад, АТЗ можуть транспортувати сировину від пункту прийому до складу або доставляти матеріали безпосередньо на виробничі лінії. АТЗ стабільно та надійно доставляють необхідну сировину без втручання людини, гарантуючи, що виробничі лінії завжди забезпечені потрібними матеріалами без перебоїв.

На додаток до транспортування сировини, АТЗ використовуються в процесах виробництва та з готовою продукцією для підтримки виробництва або виробничих ліній. В процесі виробництва АТЗ переміщують матеріали або деталі зі складу на виробничі лінії або з однієї робочої станції на іншу, забезпечуючи повторюване та ефективне переміщення матеріалів протягом усього виробничого процесу. Без АТЗ виробничі процеси можуть зупинитися, коли на технологічних лініях закінчаться матеріали. Тоді виробництво

затримується, поки працівник доставляє необхідні матеріали зі складу та транспортує їх до виробничої лінії.

АТЗ також використовуються для вхідної та вихідної обробки для поповнення та комплектування. Наприклад, АТЗ можуть використовуватися для транспортування запасів від місць отримання до місць зберігання або від місць довгострокового зберігання до місць комплектування для поповнення запасів. Переміщення запасів із довгострокового зберігання до місць подальшого комплектування гарантує, що відповідні запаси будуть доступними для комплектувальників, що робить процес комплектування замовлення більш ефективним. Такі АТЗ як мобільні роботи, допомагають у процесі комплектування, керуючи складськими процесами через завдання та транспортуючи зібрані замовлення до робочих станцій пакування та доставки.

Існує кілька типів автоматизованих керованих транспортних засобів. Багато АТЗ схожі на інші транспортні засоби, якими керує людина, але розроблені для роботи без прямого втручання або керування людини.

Візок з автоматичним керуванням (AGC) – найпростіший тип АТЗ з мінімальними функціями. Навігаційні системи можуть варіюватися від таких простих, як магнітна стрічка, до складних навігаційних систем на основі датчиків, які використовують ШІ для навігації в навколишньому середовищі. Вони можуть транспортувати різноманітні матеріали, від дрібних деталей до завантажених піддонів, і часто використовуються для сортування, зберігання та крос-докінгу.

Одним із прикладів AGC є автоматизований лікарняний транспортний візок, який використовується для ефективного транспортування компактних вантажів по всій лікарні, таких як страви та порожні лотки для їжі, чиста або забруднена постільна білизна, біологічно небезпечні відходи або стерильні приладдя без необхідності співробітнику вручну штовхати візок з місця на місце. Автоматизовані лікарняні транспортери можуть допомогти зменшити витрати на оплату праці.

Вилкові транспортні засоби або автонавантажувачі з автоматичним керуванням є ще одним широко використовуваним типом АТЗ. Вони призначені

для виконання тих самих функцій, що й навантажувач, яким керує людина (транспортування піддонів), але без участі людини-оператора.

Буксирні транспортні засоби або буксирні транспортні засоби з автоматичним керуванням тягнуть за собою один або кілька безмоторних транспортних засобів, що перевозять вантаж, у формі поїзда. Механічні буксирні транспортні засоби, які іноді називають поїздами без водія, рухаються на колесах. Для перевезення важких вантажів на великі відстані часто використовуються буксири з автоматичним керуванням. Вони можуть мати кілька зупинок для завантаження чи розвантаження вздовж визначеного шляху.

Навантажувачі для одиничного вантажу перевозять окремі вантажі наприклад, піддон або контейнер, який містить кілька предметів.

Для найважчих вантажів важкі вантажопідійомники є типом AGV, який використовується в таких процесах, як складання, лиття та транспортування рулонів і пластин. Деякі транспортери для важких вантажів мають можливість самозавантаження та можуть мати стандартне, поворотне або всенаправлене рульове управління.

Автономні мобільні роботи (AMR) зазвичай більш технологічно просунуті, ніж інші типи АТЗ. У той час як багато АТЗ використовують фіксовані навігаційні системи, такі як проводи або магнітна стрічка, багато AMR оснащені інтелектуальними навігаційними можливостями, такими як датчики та системи камер, які дозволяють їм виявляти перешкоди та об'їжджати їх. Завдяки більш складній технології AMR можуть динамічно орієнтуватися на складі чи іншому виробничому приміщенні і планувати найбільш ефективні шляхи.

Управління АТЗ реалізується диференціальним контролем швидкості, керованим колесом або їх комбінацією.

Диференціальне керування – це найпоширеніший тип керування, який використовується в АТЗ. Диференціальне керування використовує два незалежних ведучих колеса. Кожне ведуче колесо обертається з різною швидкістю. Для руху вперед або назад обидва приводи рухаються з однаковою швидкістю. Найпростіший варіант рульового управління для АТЗ, диференціальне регулювання швидкості не вимагає додаткових рульових

двигунів або механізмів. Він зазвичай використовується для АТЗ, які працюють у вузьких місцях або для тих, які працюють поблизу машин. Він не використовується для буксирування, оскільки під час повороту може призвести до розриву причепа.

Кермове керування – цей тип керування схожий на кермове керування легковим або вантажним автомобілем. При управлінні керованим колесом ведуче колесо є поворотним. Управління керованим колесом точніше, ніж диференціальне керування швидкістю, і забезпечує більш плавний поворот. Він часто використовується для буксирування, а також може керуватися оператором.

Комбіноване керування – це поєднання диференціального керування швидкістю та керування кермом. АТЗ, що використовують комбіноване рульове керування, мають два незалежні двигуни керування/приводу на діагональних кутах та поворотні колеса на двох інших кутах. АТЗ, які використовують комбіноване рульове керування, можуть повертати в будь-якому напрямку, як автомобіль, а також рухатися в режимі диференціального рульового керування в будь-якому напрямку.

Контроль руху АТЗ включає зональний контроль, запобігання зіткненням або поєднання обох.

Зональний контроль – простий у встановленні та легкому розширенні, зональний контроль є широко використовуваним методом контролю руху для АТЗ. Бездротовий передавач передає сигнали в певних областях, а АТЗ містить датчик, який приймає сигнал і передає його назад до передавача. Якщо територія вільна, надсилається сигнал «вільно», який дозволяє АТЗ увійти або пройти через територію. Якщо інший АТЗ знаходиться в зоні, надсилається сигнал «стоп», який сповіщає іншим АТЗ, які намагаються увійти, що зона невільна. У цьому випадку АТЗ, що очікують, зупиняться та чекатимуть, поки перший АТЗ не вийде із зони, а передавач надішле сигнал «вільно». Ще один спосіб використання зонального контролю – це оснащення кожного АТЗ власним передавачем, що дозволяє йому надсилати сигнал «не входити» іншим АТЗ, які наближаються до зони.

Уникнення зіткнень – АТЗ, які використовують контроль зони уникнення

зіткнень, оснащені датчиками, які передають сигнал і чекають відповіді, щоб визначити, чи є об'єкт перед ними. Ці датчики можуть бути звуковими, які працюють як радар, або оптичними, які використовують інфрачервоні датчики. Обидва працюють подібним чином. Датчики бампера є ще одним типом датчиків запобігання зіткненням. Багато АТЗ оснащені датчиками бампера як запобіжниками. Датчики бампера дають можливість зупинитися, щоб уникнути зіткнення, коли є інформація про фізичний контакт.

Комбіноване керування – АТЗ, які використовують комбіноване керування, оснащені як датчиками контролю зіткнень, так і датчиками зонального контролю, щоб забезпечити більш надійне запобігання зіткненням у будь-яких ситуаціях. Наприклад, АТЗ може використовувати зональний контроль як основну систему контролю руху, але також мати датчики запобігання зіткненням як резервну на випадок несправності системи зонального контролю.

АТЗ пропонують численні переваги у складському зберіганні та виробництві.

Підвищення ефективності та продуктивності. Оскільки вони працюють автономно, АТЗ підвищують ефективність і продуктивність, а також є передбачуваними та надійними для виконання повторюваних завдань. АТЗ усуває зайві переміщення, а також усуває фізичну працю з транспортування матеріалів. Вони також задають темп працівникам, тримаючи колег у виконанні завдань. AGV, як і мобільні роботи дозволяють зменшити людські помилки, що допомагає підвищити точність підбору матеріалів і мінімізувати втрати та неправильні дії. Використовуючи штучний інтелект для оптимізації маршрутів і визначення пріоритетів роботи, АТЗ покращують використання ресурсів.

Гнучкість. Більшість АТЗ дозволяють підвищити гнучкість, легко змінюючи маршрути (порівняно з іншими, які потребують зміни топології проводів або іншої інфраструктури для коригування маршруту транспортного засобу. Автоматизовані транспортні засоби також є масштабованим рішенням із можливістю додавання додаткових одиниць на основі попиту.

Потребують менше місця. Порівняно з іншими рішеннями автоматизації,

такими як конвеєрні системи, АТЗ потребують менше місця. Деякі автонавантажувачі мають менші розміри порівняно з традиційним складським обладнанням, таким як вилкові навантажувачі, що дозволяє розміщувати поверхи з вузькими проходами та краще використовувати простір.

Покращена безпека. АТЗ є безпечним рішенням автоматизації для складів, розподільних центрів і виробничих потужностей. АТЗ оснащені датчиками для уникнення зіткнень. Вдосконалені АТЗ, такі як AMR, мають інтелектуальні можливості маршрутизації, які дозволяють їм планувати найефективніший шлях через склад або об'єкт, зменшуючи затори на проходах і запобігаючи травмам.

Автоматизовані керовані транспортні засоби розроблені для автоматизації завдань, для виконання яких не потрібна людина. Вони автоматизують тривалі переміщення по складах, задають темп для працівників і усувають фізичні навантаження, пов'язані з традиційно важкою роботою.

1.2 Призначення, різновиди та особливості навігаційних системи автоматизованих транспортних засобів

В останні роки навігація транспортних засобів, зокрема автономна навігація, була в центрі кількох основних розробок як у цивільних, так і в оборонних сферах. Нові технології, такі як об'єднання мультисенсорних даних, обробка великих даних або глибоке навчання, змінюють якість областей застосування, покращуючи датчики та системи, що використовуються.

Останнім часом з'явився вплив штучного інтелекту на обробку та розуміння даних датчиків. Радар, LiDAR, візуальні датчики, гідролокаційні системи та інші датчики встановлюються на борту розумних і гнучких платформ і на кількох типах безпілотних транспортних засобів у будь-якому середовищі. Ці технології, спрямовані на навігацію транспортних засобів, можуть зіткнутися з багатьма загальними науковими проблемами. Особливо цікавою є автономна навігація для додатків, не пов'язаних із GNSS, таких як підводна навігація та навігація в приміщенні.

Ефективне функціонування автоматизованих транспортних засобів (АТЗ) неможливе без апаратного забезпечення для визначення положення транспортного засобу та навігації.

Автономні навігаційні системи (AGV – аббревіатура англійською мовою), дедалі частіше впроваджуються в різних галузях промисловості.

Автономна навігація означає, що система або пристрій може рухатися та працювати самостійно, без стороннього контролю. Він використовує спеціальні датчики, програмне забезпечення штучного інтелекту та системи зв'язку для оцінювання навколишнього середовища. Переглядаючи інформацію датчиків, створюючи карти та приймаючи швидкі рішення, автономна навігація допомагає транспортним засобам і роботам пересуватися, знаходити найкращі шляхи та самостійно виконувати задані функції.

Автономна навігація дуже важлива для багатьох галузей. Її застосування дозволяє підвищити ефективність, продуктивність, точність, економічність та безпеку багатьох технологічних процесів. Наприклад, на транспорті безпілотні

автомобілі можуть зробити дороги безпечнішими, зменшивши кількість аварій, спричинених людськими помилками. Вони також можуть зменшити дорожній рух і допомогти людям, які не вміють керувати автомобілем, легко пересуватися.

В складському господарстві автономні роботи можуть виконувати завдання без участі людини в технологічному процесі. Це пришвидшує роботу, економить гроші та робить клієнтів щасливішими.

Крім того, у таких сферах, як сільське господарство, автономні машини можуть краще використовувати ресурси та ефективніше доглядати за посівами. Автономна навігація також допомагає захистити природу та досліджувати нові місця. А в космосі чи глибинах океану автономні системи можуть відправлятися туди, де це надто небезпечно для людей, роблячи відкриття та забезпечуючи безпеку дослідників.

Автономна навігація (AGV) в своєму розвитку пройшла довгий шлях експериментів з автоматизованими системами наведення. Ці експерименти почалися в аерокосмічній промисловості приблизно в середині 20 століття. Усі вони мали на меті змусити машини керувати собою без людей.

Великий стрибок стався з глобальною системою позиціонування (GPS) у 1970-х роках. GPS давав точні дані про місцезнаходження, які стали надзвичайно корисними для автономної навігації. Це значно змінило керування повітряними, водними і наземними видами транспорту.

У 21 столітті виникли такі датчики, як LiDAR, радар, камери та технології розумного бачення, значно покращилися. Ці датчики допомагають транспортним засобам, дронам і роботам «бачити» і швидко приймати рішення під час руху.

Крім того, з'явилися комп'ютерні програми, які використовують штучний інтелект (ШІ), що відкрило нові можливості для адаптації транспортних засобів до зовнішніх умов. Це зробило автономну навігацію ще розумнішою та безпечнішою.

В наш час створені, успішно використовуються та постійно розвиваються такі види систем навігації:

- лазерна навігація;

- магнітна навігація;
- точкова магнітна навігація;
- індуктивна провідна навігація;
- оптична навігація.

LGV або Laser Guided Vehicle – це AGV, яка використовує технологію лазерного позиціонування для навігації. Лазерна навігація є однією з найпопулярніших систем навігації, яка широко використовується в автоматизованих системах завдяки своїй надійності та точності. Кожен LGV оснащений навігаційним лазером (просто називається навігаційним пристроєм), розташованим на вершині спеціальної конструкції, який взаємодіє з мітками, розташованими в робочій зоні. Щоб визначити своє точне положення, LGV (транспортні засоби з лазерним наведенням) повинні зібрати принаймні три з цих масивів зворотного зв'язку, що досягається за допомогою процесу, відомого як триангуляція. Цей розрахунок базується на дуже складних алгоритмах.

Залежно від конкретного виробника AGV, LGV виконує обчислення позиціонування та налаштування з надзвичайною швидкістю, як правило, від 30 до 40 разів на секунду. Цей рівень точності робить ці пристрої винятково точними.

Навігаційний пристрій випромінює лазерні решітки на 360 градусів, які згодом досягають кількох відбивачів, таких як стрічки або циліндри. Ці рефлектори потім відбивають сигнал лазерної матриці назад до лазерного навігаційного пристрою AGV.

Якщо є потреба в високошвидкісному транспортному засобі із можливостями точної зупинки та є кілька пунктів призначення та маршрутів для розгляду, навігація з лазерним наведенням стане зручним вибором.

Процес встановлення навігації з лазерним наведенням простий. Постачальник AGV встановлює всіх необхідні відбивачі, а потім імітує шлях AGV у системі керування AGV, щоб визначити конкретні маршрути, якими повинні слідувати ваші AGV.

Однією з ключових переваг цієї системи є те, що вона здатна працювати

віртуально, без потреби у фіксованій інфраструктурі, як-от стрічки на підлозі чи проводи під поверхнею. В одному і тому ж просторі можна створити декілька віртуальних маршрутів.

В навігаційних AGV на магнітній стрічці транспортні засоби з автоматичним наведенням оснащені магнітними датчиками та рухаються по визначеному шляху, прокладеному на магнітній стрічці.

Маршрут прокладається за допомогою магнітної стрічки, яка розміщена на поверхні підлоги. Магнітний датчик на AGV виявляє магнітне поле від стрічки та направляє AGV по шляху.

Магнітна стрічка проста у встановленні. Для укладання магнітних доріжок використовується клей з високою міцністю. Стандартні розміри складають 1 мм за товщиною та 50 мм завширшки.

Система управління AGV може вказувати AGVS, як і куди переміщуватися за допомогою міток (RFID) або магнітних індикаторів, розміщених на підлозі. В цих заздалегідь визначених положеннях AGV може вирішити, що робити: повернути ліворуч, зупинитися, задіяти додатковий пристрій тощо.

Магнітна навігація в основному підходить для чітко визначених маршрутів без великої кількості варіантів маршрутизації.

Останнім часом значного поширення набули системи вільної або автономної навігації. Найбільш поширеною є безкоштовною технологією є навігація SLAM, або одночасна локалізація та відображення (SLAM). Це означає, що AGV із навігацією SLAM може скласти карту свого середовища та локалізувати його місцезнаходження завдяки інформації, отриманій із навколишнього середовища.

Автоматизовані транспортні засоби здатні складати карту навколишнього середовища за допомогою різних датчиків, таких як відеокамери, лідарні датчики або лазери. Вся ця інформація обробляється внутрішнім вимірювальним блоком (IMU) для визначення та перерахунку реального позиціонування AGV. Усі ці розрахунки виконуються за допомогою дуже складних алгоритмів під назвою SLAM. Застосування складних алгоритмів дозволяє перевизначати маршрути руху та обходити перешкоди, тому така технологія є практично ідеальним

рішенням для автоматичних підйомників, штабелерів, автоматизованих транспортних візків тощо.

Основна проблема технології Natural (SLAM, LIDAR тощо) полягає в її надійності в змінних і хаотичних середовищах, таких як виробничі лінії, де постійно переміщуються люди, предмети виробництва, тара, піддони тощо.

Навігація за допомогою магнітних точок передбачає, що можуть рухатися за невеликими циліндричними магнітними мітками, вбудованими в підлогу. Магнітні мітки зазвичай являють собою циліндричні магніти з розмірами приблизно 20×10 мм.

Автоматизовані транспортні засоби рухаються за картою, попередньо завантаженою в систему керування, магнітні точки забезпечують прив'язку до карти.

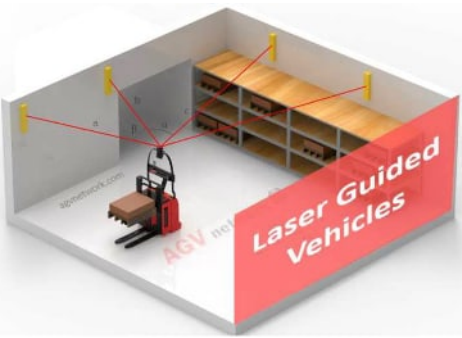
Допуски позиціонування відносно високі, близько $\pm 2,5$ мм. Цей допуск кращий, ніж допуски, отримані іншими «вільними» навігаційними системами, такими як SLAM, LiDAR тощо.

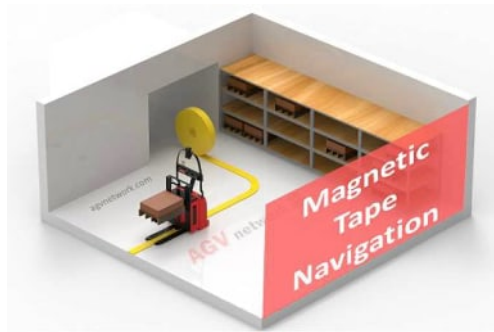
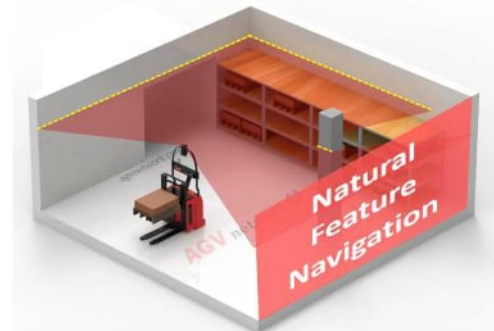
Встановлення системи досить просте – у місці розташування магніту на підлозі виконують невеликі отвори.

Система не вимагає витрат на обслуговування, оскільки зношування транспортної магістралі практично відсутнє, проте для зміни маршруту необхідно демонтувати старі магнітні точки і встановити нові.

Порівняльні характеристики найбільш поширених навігаційних систем автоматизованих транспортних засобів наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння навігаційних систем

Технологія навігації	Переваги	Недоліки
	Легкість та неінвазивність встановлення. Точність позиціонування. Висока швидкість Відсутність витрат на обслуговування.	Внесення змін вимагає втручання постачальника. Висока вартість.

Технологія навігації	Переваги	Недоліки
	Легкість та неінвазивність встановлення. Легкість модифікації. Точне позиціонування. Надійна навігація. Низька вартість.	Необхідність спеціального обслуговування. Висока вартість. Не підходить для складних траєкторій.
	Легкість встановлення. Висока гнучкість. Низька вартість монтажу Неінвазивність встановлення. Відсутність витрат на обслуговування та впровадження.	Низька надійність в невідповідному середовищі. Висока вартість. Невисока точність позиціонування.
	Вільне середовище. Точне позиціонування. Відсутність витрат на обслуговування та експлуатацію.	Встановлення просте, але складніше, ніж магнітна стрічка. Складність зміни траєкторії.

Вибираючи метод навігації для автоматизованого транспортного засобу, дуже важливо віддати перевагу конкретним вимогам кожного окремо взятого проекту над привабливістю новітніх технологій.

Різні методи навігації, включаючи магнітну навігацію, навігацію з лазерним наведенням (LGV), автономну навігацію та одночасну локалізацію та картографування (SLAM) мають свої переваги та обмеження .

Ефективність і економічність системи AGV залежать від вибору технології, яка найкраще відповідає конкретним виробничим умовам.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.

За результатами виконаного огляду, моніторингу і дослідження відповідних ресурсів в мережі Інтернет та на основі практичного досвіду, можна зробити висновок, що керування автоматизованими транспортними засобами – галузь, яка дуже динамічно розвивається. Пошуково-дослідницькі і науково-технічні роботи в цій сфері не припиняються, до їх проведення залучаються суттєві фінансові вкладення. Разом з тим, існує велика маса невирішених питань, тому завдання розроблення навігаційних систем для автоматизованих транспортних засобів було і залишається актуальним.

В зв'язку з цим, в ході виконання кваліфікаційної роботи, необхідно буде вирішити низку питань, основними з яких є:

- розроблення загальної структури навігаційної системи;
- розроблення компонентів навігаційної системи;
- розроблення апаратного забезпечення системи;
- розроблення алгоритму роботи навігаційної системи;
- розглянути питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Загальна характеристика системи, яка розробляється

Багато сучасних виробників і дистриб'юторів звертаються до автоматизації як засобу підвищення ефективності виробництва. Автоматизоване виробництво, що складається здебільшого з роботизованого обладнання з комп'ютерним керуванням і дуже невеликої кількості робітників, якщо такі взагалі є, може суттєво збільшити продуктивність. В додаток, продукцію незмінної якості зазвичай можна виробляти за нижчою ціною, ніж ті, що виготовляються в умовах автоматизованого виробництва. У середовищі, де транспортування матеріалів викликає певні труднощі, економічно ефективним методом переміщення матеріалів в межах виробництва є використання автоматизованих транспортних засобів (АТЗ).

АТЗ – це транспортний засіб без водія, який зазвичай призначений для переміщення або транспортування матеріалу з одного місця на виробництві в інше. Найбільш поширені в наш час АТЗ, як правило, рухаються за струмопровідними лініями. Проводи не тільки забезпечують дорогу для транспортних засобів, вони також служать ланкою зв'язку між транспортними засобами та контролером.

Хоча системи АТЗ з дротовим керуванням виявилися дуже надійними, вони страждають від браку гнучкості через те, що транспортні засоби обмежені набором фіксованих шляхів, і, крім того, щоразу, коли шлях потрібно змінити або додати (наприклад, щоб забезпечити обслуговування нової техніки).

Для встановлення нових шляхів знадобиться певний час простою системи. Очевидно, що система, в якій транспортні засоби могли б керуватися комп'ютерними інструкціями для слідування будь-яким заданим шляхом, усунула б обмеження на рух, що накладаються системою з дротовим наведенням.

В цій кваліфікаційній роботі виконано розроблення апаратного забезпечення та реалізації оптичної навігаційної системи для автоматизованого транспортного засобу. В даний час в багатьох університетських і промислових

лабораторіях розробляються багато безпроводних навігаційних систем, більшість з них є дуже складними. які вимагають складних систем технічного зору та великих бортових обчислювальних можливостей, що не робить ці системи комерційно доцільними на даний момент. Однак коли вони стають доступними, ці системи являтимуть собою друге покоління AGV з достатньою гнучкістю для виконання складних маневрів АТЗ, таких як навігація навколо перешкод, що блокують намічений шлях.

Навігаційна система, яка розробляється, усуває розрив між поколіннями, оскільки її можна порівняти за функціями з провідною системою, але її продуктивність покращується завдяки тому, що він не керується проводами і тому може слідувати будь-яким шляхом, визначеним контролером базової станції. Крім того, цю систему можна розробити так, щоб вона стала комерційно здійсненною за відносно короткий період часу.

Система базується на оптичному гоніометрі, який обводить інфрачервоний лазерний промінь в межах виробничої ділянки, щоб виявити пасивні маяки, розташовані в безпосередній близькості. Визначивши кути, під якими видно три маяки, бортовий комп'ютер може дуже точно розрахувати положення транспортного засобу (маяки, які видно на відстані 10 метрів, відповідають максимальній похибці в 6 мм).

В транспортному засобі також використовується друга навігаційна система, що складається з гіроскопа та кодера коліс, щоб забезпечити часте оновлення положення та дозволити транспортному засобу проїхати певну відстань, не покладаючись на інформацію гоніометра.

Сигнали від двох навігаційних систем обробляються декількома периферійними платами, що містять цифрові схеми, які перетворюють сигнали у форму, яку може використовувати бортовий комп'ютер. Одноплатний комп'ютер Intel 86/05 використовується в якості бортового комп'ютера для координації всіх функцій транспортного засобу і управління його рухом.

Плата 86/05 базується на мікропроцесорі 8086, а також містить додатковий цифровий співпроцесор Intel 8087 для виконання обчислень. Транспортний засіб містить достатню кількість інтелектуальних засобів, щоб зв'язок через цифровий

радіозв'язок із комп'ютером базової станції був зведений до мінімуму.

На рисунку 1.1 зображена блок-схема апаратного забезпечення системи, яка розробляється.

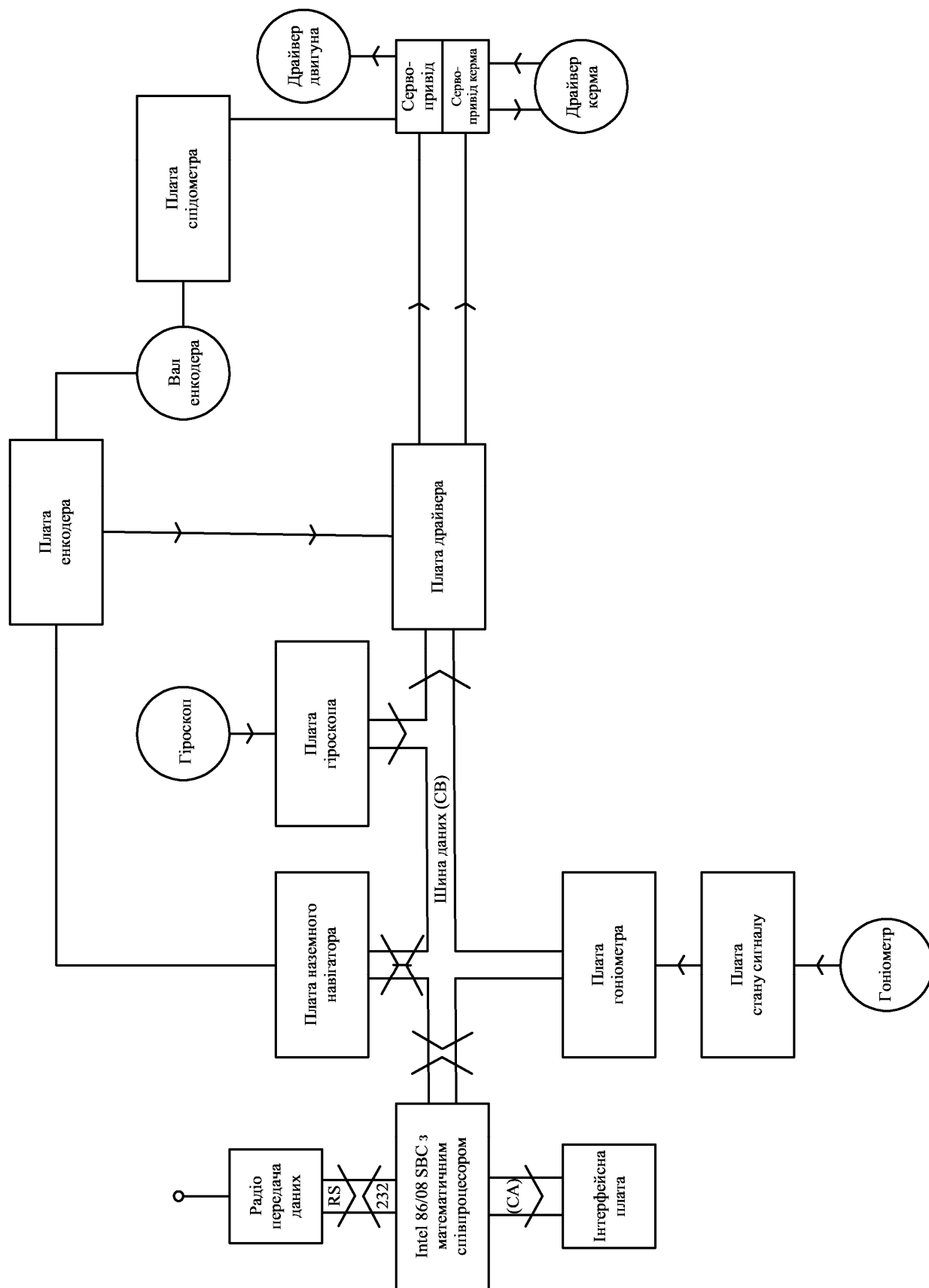


Рисунок 1.1 – Блок-схема апаратного забезпечення системи

Нижче наведено короткий опис спеціально розроблених периферійних модулів.

Модуль формування сигналу – формує сигнал з валу гоніометра для збільшення кутової роздільної здатності. Тут також формується вихід з фотодетектора гоніометра («спалах») маяка та використовує цей сигнал для створення імпульсу точно в середині спалаху, таким чином встановлюючи кут маяка.

Модуль гоніометра – підраховує всі кути та ширину маяків, записує результати в тимчасову пам'ять і полегшує передачу цих даних на бортовий комп'ютер.

Модуль гіроскопа. Використовує вихід гіроскопа для безперервного відстеження курсу транспортного засобу та передає ці дані на бортовий комп'ютер і плату наземного навігатора з роздільною здатністю $1/4$ градуса.

Інтерфейсна плата – головним чином надсилає керуючі сигнали, вибрані на бортовий комп'ютер до периферійних плат, щоб усі передачі даних транспортного засобу могли координуватися.

Модуль приводу – використовує дані про відстань і кут повороту з комп'ютера для встановлення напрямку ведучого колеса через аналоговий вихід і сповіщає комп'ютер про обчислення наступного сегмента шляху. Він також встановлює швидкість транспортного засобу через аналоговий вихід.

Модуль бортового навігатора – функціонує як спеціальна процесорна плата для наземної навігаційної системи, яка використовує мікропроцесор 8085 для частого обчислення та оновлення положення транспортного засобу, використовуючи дані з гіроскопа, кодера колеса та поправок від бортового комп'ютера.

2.2 Загальне компонування навігаційної системи

Загалом існує дві проблеми, які необхідно подолати для при розробленні навігаційної системи AGV, яка не використовує проводове керування. По-перше, транспортний засіб має точно знати своє місцезнаходження та пеленг.

Точне позиціонування є обов'язковим для AGV, особливо для процедур стикування, під час яких певна частина керованих комп'ютером роботизованих пристроїв повинна взаємодіяти з транспортним засобом. По-друге, він повинен знати, як дістатися з одного місця в інше оптимальним способом. Іншими словами, рух транспортного засобу має бути плавним, а шлях – максимально прямим. Ця система вирішує обидві проблеми.

При розробці цієї оптичної навігаційної системи необхідно було врахувати такі характеристики транспортного засобу.

1. Транспортний засіб матиме форму трицикла, що приводиться в рух і керується одним переднім колесом.
2. Транспортний засіб повинен мати можливість рухатися як вперед, так і назад.
3. Транспортний засіб має бути транспортним засобом без водія, здатним слідувати будь-яким довільним шляхом, визначеним комп'ютером базової станції.
4. Відхилення від заданої траєкторії не повинно перевищувати ± 10 мм на менших швидкостях, щоб забезпечити точне стикування.
5. Основна навігаційна система буде оптичною, однак транспортний засіб повинен містити вторинну навігаційну систему (яка, ймовірно, менш точна), щоб транспортний засіб міг продовжувати рухатися за заданою траєкторією, якщо дані оптичної навігації тимчасово недоступні.
6. Зв'язок між транспортними засобами та базовою станцією повинен бути зведений до мінімуму, щоб уникнути перевантаження можливостей комп'ютера базової станції та зменшити ймовірність помилки під час передачі радіоданих у зонах із високим рівнем електромагнітних перешкод.

2.3 Розроблення навігаційної системи

Як було сказано раніше, в транспортному засобі використовуються дві навігаційні системи. Одна з них – це оптична система, що складається з гоніометра (пристрою для вимірювання кутів), набору пасивних маяків, а також відповідного обладнання та програмного забезпечення. Друга система, «наземна» навігаційна система, складається з гіроскопа та кодера коліс для визначення пеленгу та пройденої відстані, а також відповідного апаратного та програмного забезпечення.

Хоча використання двох навігаційних систем на перший погляд може здатися зайвим, обидві необхідні і фактично працюють разом, щоб забезпечити АТЗ точними даними про місцезнаходження, які часто оновлюються.

Оптична навігаційна система може з достатньою точністю визначити місцезнаходження АТЗ, тому використовується для навігації максимально часто. Функціонування системи, однак, може бути тимчасово порушено, якщо надто багато маяків закрито об'єктами або сильним пилом. Головний недолік запропонованої оптичної системи полягає в тому, що вона може надавати «фіксацію» позиції лише з півсекундними інтервалами, що є недостатнім для належної навігації. Бортова навігаційна система, хоч і менш точна, ніж оптична система, здатна забезпечувати майже безперервне оновлення даних про місцезнаходження на бортовий комп'ютер, щоб транспортний засіб міг залишатися на призначеному курсі між визначеннями оптичною системою місцями розташування. Щоб отримати максимальну точність позиціонування, дві навігаційні системи можуть взаємодіяти одна з одною.

Визначення кількості переміщень між спостереженнями радіомаяків має вирішальне значення для оптичної системи для обчислення надійних фіксованих позицій. Цей тип даних надається в оптичну систему наземною системою. З іншого боку, дані про місцезнаходження, обчислені бортовою навігаційною системою, схильні до помилок на великих відстанях, і, отже, дані про місцезнаходження оптичної системи передаються в наземну систему при кожному визначенні місця, щоб мінімізувати помилку.

2.3.1 Оптична навігаційна система

Оптична система передбачає використання світловідбиваючих поверхонь у зоні руху транспортного засобу та оптичного гоніометра (тобто приладу для вимірювання кутів) на борту транспортного засобу. Світловідбиваюча стрічка відбиває світло назад на себе незалежно від того, під яким кутом світло падає на стрічку.

Стрічки згорнуті таким чином, щоб утворити циліндричну форму, щоб видима ширина була однаковою під будь-яким кутом огляду. Ці світловідбиваючі циліндри стають «маяками», які певним чином розміщуються навколо зони руху транспортного засобу, а їх положення записуються в пам'ять системи, щоб АТЗ міг визначити своє положення.

Гоніометр використовується для формування інфрачервоного лазерного променя навколо області, де промінь потрапляє на маяки. Потім маяки відбивають промінь назад до гоніометра, створюючи електричний сигнал, який використовується для визначення кута, під яким був помічений маяк. Для обчислення положення транспортного засобу потрібно використовувати кути, пов'язані лише з трьома маяками.

Як видно з рис. 2.2, гоніометр складається з лазерного діода Arnpereh Electronics Corporation CQL16 і коліматора. Цей лазер модулюється на 100 кГц і працює на низькій потужності (< 1 мВт) з міркувань безпеки та для продовження терміну служби лазера. Модуляція променя дозволяє відрізнити його від інших джерел інфрачервоного світла, щоб усунути хибні спрацювання. Лазер модулюється ланцюгом драйвера за допомогою кварца 100 кГц. Струм, який проходить через лазер, контролюється контуром зворотного зв'язку за допомогою фотодіода, який міститься в коліматорі. Після встановлення порогового рівня за допомогою R6, секція фотодетектора схеми використовується для зміни напруги, що подається на мікросхему інвертора 7404. Це змінює амплітуду напруги для контролю струму, що подається на лазерний діод. Лазер створює добре колімований промінь діаметром приблизно 5 мм, який спрямовується вгору, щоб потрапити на передню поверхню дзеркала.

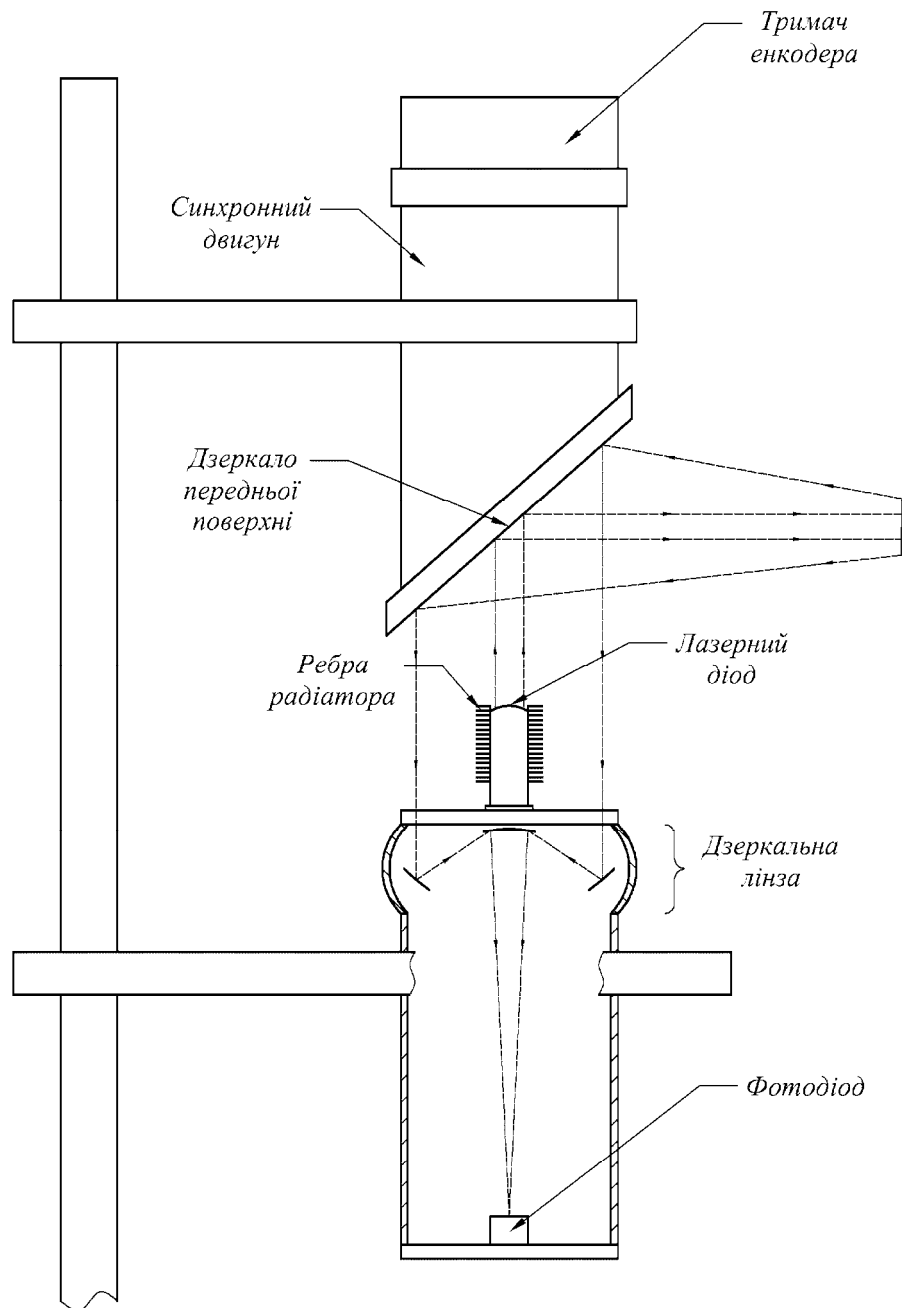


Рисунок 2.2 – Оптичний гоніометр

Дзеркало розташоване під кутом 45° до променя так, щоб воно відбивало промінь під кутом 90° . Це дзеркало з'єднане з синхронним двигуном, який обертає дзеркало зі швидкістю 2 с^{-1} , щоб прогнати лазерний промінь у площині, паралельній підлозі.

Щоразу, коли лазерний промінь потрапляє на світловідбивну стрічку (маяк), промінь відбивається назад. Відбитий промінь має більший діаметр, ніж промінь, що падає від лазера, тому більша частина світла потрапляє на переднє дзеркало, відбиваючись навколо лазера та в дзеркальну лінзу.

Дзеркальна лінза фокусує відбите світло на інфрачервоний фотодіод, вихідна напруга якого коливається через модульоване лазерне світло. Схема фотодетектора, містить фотодетектор EG&G HUV 1100BG, вихідний сигнал якого підсилюється. Отриманим результатом є «спалах» маяка, який вказує на те, що маяк помічений.

На верхній частині двигуна, що обертає дзеркало, встановлюється валовий кодер Hewlett Packard HEDS-6000 Series. Кодер видає 1000 імпульсів і індексний імпульс для кожного оберту дзеркала. Індексний імпульс використовується як нульовий еталонний кут для гоніометра, а вихідний сигнал 1000 CPR множиться на платі формування сигналу за допомогою контуру фазового підстроювання та використовується для синхронізації лічильників для визначення кута, під яким вал двигуна перетворився. Ці два сигнали та спалах маяка використовуються для визначення кутів, під якими видно маяки.

2.3.2 Бортова навігаційна система

Бортова система навігації була використана з двох причин. В багатьох випадках, особливо в умовах виробництва, маяки, необхідні гоніометру для визначення місцезнаходження АТЗ, можуть бути закриті обладнанням, предметами виробництва, тарою тощо. В таких ситуаціях бортова навігаційна система відстежуватиме рух АТЗ. По-друге, оптична навігаційна система може визначати положення лише кожні 0,5 с тому бортовий навігатор використовуватиметься для визначення місцезнаходження АТЗ між цими (і, можливо, більшими) інтервалами часу.

Компонентами бортової навігаційної системи є гіроскоп, колесо кодера та спеціальний процесор, який називається Ground Navigator Board і використовує дані кута та відстані для частого оновлення поточного положення. Ця система дозволить транспортному засобу проїжджати відносно великі відстані, не покладаючись на гоніометр. На жаль, помилка визначення місцезнаходження через навігацію за допомогою гіроскопа/кодера збільшується тим більше, чим довше використовується цей метод навігації. Щоб мінімізувати помилку, координати положення бортового навігатора оновлюються більш точними даними з оптичної системи кожного разу, коли фіксоване положення обчислюється з даних гоніометра.

2.4 Загальний алгоритм навігації

Шлях, яким рухається транспортний засіб, визначається набором точок, які надсилаються до транспортного засобу через цифровий радіозв'язок і вказують, де потрібна будь-яка зміна напрямку. Між будь-якими двома точками транспортний засіб має рухатися по прямій лінії.

Ця форма траєкторії, надіслана до АТЗ з комп'ютера базової станції, однак вона є настільки точною, щоб транспортний засіб міг рухатися точно по заданій траєкторії. Таким чином, бортовий комп'ютер транспортного засобу переходить до програмної процедури, яка створює набір другорядних точок уздовж запропонованого шляху, яким транспортний засіб може слідувати через серію прямих ліній і сегментів дуг кола.

Потім транспортний засіб рухатиметься по маршруту, використовуючи дані приводу, надані бортовим комп'ютером для кожного сегмента шляху.

Під час руху бортовий комп'ютер використовує координати положення, надані бортовим навігатором (і скориговані оптичним навігатором), щоб визначити маршрут, який виконується, і порівнює його з наміченим шляхом.

Програмне забезпечення приводу оновлює сегменти траєкторії, якими слід слідувати, щоб можна було внести корекції відхилень від запланованої траєкторії, і транспортний засіб залишався на курсі. Використовуючи цю схему автокоригування, такі фактори, як пробуксовка коліс, зношення шин і помилка напрямку через повільну реакцію керма, не потрібно враховувати.

Якщо виникає ситуація, коли похибка між поточним і запланованим шляхом перевищує деяке номінальне значення, транспортний засіб зупиниться та повідомить базову станцію про помилку і потрібна переорієнтація.

У наступних розділах детально описано апаратне забезпечення системи бортового комп'ютера АТЗ, усі електричні схеми наведені в графічній частині.

2.5 Розроблення апаратного забезпечення системи

2.5.1 Плата формування сигналу

Плата формування сигналу фактично містить дві схеми: схему контуру фазового автопідстроювання та схему формування.

Схема контуру фазового автопідстроювання використовує вихід прямокутної хвилі від датчика валу, встановленого на синхронному двигуні гоніометра, як опорну частоту, щоб створити набагато вищі частоти, які підвищують роздільну здатність кутових вимірювань. Ця схема виробляє два вихідних сигнали прямокутної форми, які позначаються як f_c і $f_c/2$ і мають частоти 200 кГц і 100 кГц відповідно. Ці виходи використовуються для створення «половини» імпульсів (які будуть описані далі), а вихід $f_c/2$ також використовується для синхронізації лічильників кута та ширини на платі гоніометра.

Схема формування сигналу розроблена для створення «напівімпульсів, задні фронти яких вказують на центр спалаху маяка. Саме тут вважається точне положення маяка, і тому саме на цих задніх краях інформація про конкретний маяк фіксується в пам'яті. Однак слід зазначити, що спалах може спричинити деякі проблеми через свою невідповідність. Якщо маяк частково закритий поблизу його центру, відбудуться два коротких спалахи, що означає наявність двох маяків. З іншого боку, якщо спалах виникає через джерело інфрачервоного випромінювання, відмінне від маяка (наприклад, сонячне світло або хибні відбиття), то буде виникати помилкове спостереження маяка.

Схема формування сигналу допоможе уникнути помилкових спрацювань.

2.5.2 Схема контуру фазового автопідстроювання

Датчик вала на гоніометрі виробляє 1000 циклів на оберт прямокутної хвилі. Однак, щоб збільшити роздільну здатність кодера, для створення

прямокутної хвилі частотою 50000 символів на секунду використовується схема фазового підстроювання частоти. Оскільки дзеркало гоніометра обертається зі швидкістю приблизно 2 с^{-1} , вихід датчика валу є сигналом 2 кГц.

Цей сигнал подається в U30, мікросхему контуру фазового автопідстроювання CD4046, генератор якої, керований напругою, налаштований на вироблення сигналу f 200 кГц. Сигнал 200 кГц слідуватиме коливанням частоти вхідного сигналу 2 кГц, якщо його розділити на 100 і отриманий сигнал 2 кГц використовувати як сигнал порівняння. Виконавши це, вихід VCO використовується для синхронізації U31a. Лічильник CD4520, в якому частота ділиться на два на виході O_o , забезпечує вихід $f/2$ схеми.

Вихід 100 кГц з виводу O_o потім ділиться на 25 на U32 і U33, які є лічильниками CD4029, які були каскадовані та налаштовані на підрахунок від двійкового 231 до їх максимального підрахунку двійкового 255 перед тим, як видати імпульс підрахунку терміналу та скинутись до 231. результуючий сигнал 4 кГц від лічильників використовується для синхронізації одного з двох тригерів U34, подвійного тригера CD4027 J-K на контакті 3. Вихідний сигнал цього тригера перемикається на 2 кГц, щоб створити бажаний сигнал порівняння для циклу фазової синхронізації. Інший тригер U34 також приєднується до імпульсів терміналу підрахунку від U33, на виводі 13, і використовується для скидання U32 і U33 до двійкового 231 кожного разу, коли вони досягають максимальної кількості.

2.5.3 Схема формування сигналу

Схема формування сигналу використовує спалах радіомаяка гоніометра як вхід. Пакет спочатку проходить через аналогову схему, яка фільтрує всі сигнали, крім тих, що коливаються на 100 кГц, щоб уникнути проходження сигналів від інфрачервоних джерел, таких як світло та сонце. Ця схема використовує смуговий фільтр із Q-фактором приблизно 20, щоб пропускати лише сигнали 100 кГц. Ці сигнали посилюються перед надсиланням на інвертор Шмітта, щоб

«вирівняти» сигнал. Залежно від налаштування R31, який контролює пороговий рівень, вихідний сигнал інвертора Шмітта або нормально високий, або нормально низький, коли сигнал відсутній. Тут використовується звичайне високе значення. Коли спалах все-таки виникає, на виході видається версія спалаху прямокутної форми.

Після проходження через аналогову схему пакет використовується для синхронізації обох тригерів U21.

Інвертуючий вихід кожного тригера підключений до двох лічильників; U23 і U24 для FF U21a, і U25 і U26 для FF U21b. Сигнали на виходах тригерів показані на рис. 2.3. Кожна пара лічильників з'єднана каскадом, щоб діяти як восьмирозрядні лічильники пульсації. Тригери використовуються як перемикачі для увімкнення та вимкнення підрахунку. Коли відбувається спалах, у момент часу T_2 U21a скидає свій вихід на 0, щоб увімкнути лічильники U23 і U24. Ці лічильники збільшуються, доки не досягнуть максимального підрахунку 240, після чого вони видають імпульс підрахунку терміналу, який встановлює U21a на високий вихідний стан у T_3 , щоб припинити підрахунок і скинути лічильники до нуля, доки не прийде наступний пакет. Тригер U21b аналогічно активує лічильники U25 і U26, уможливаючи підрахунок за першим наростаючим фронтом пакетного сигналу. Однак на активному високому «чистому прямому» виводі U21b вхідним сигналом є перевернута форма пакету, який надходить трохи раніше.

Синхронізація сигналів для сигналу схеми формування сигналу на вході синхронізації виникає через затримки, введені в схему. Це змушує вихід U21b вимикати лічильники (і скидати їх до нуля) за наступним спадаючим фронтом пакетного сигналу. Лічильники вмикаються та вимикаються до кінця пакетного сигналу, у момент часу T_2 , коли вони зможуть завершити свою повну послідовність підрахунку та вивести кінцевий імпульс, який зупиняє процес.

Тут слід зазначити, що загальний ефект увімкнення однієї пари лічильників на початку пакету та іншої пари в кінці пакету полягає у створенні імпульсів однакової ширини на виходах тригерів.

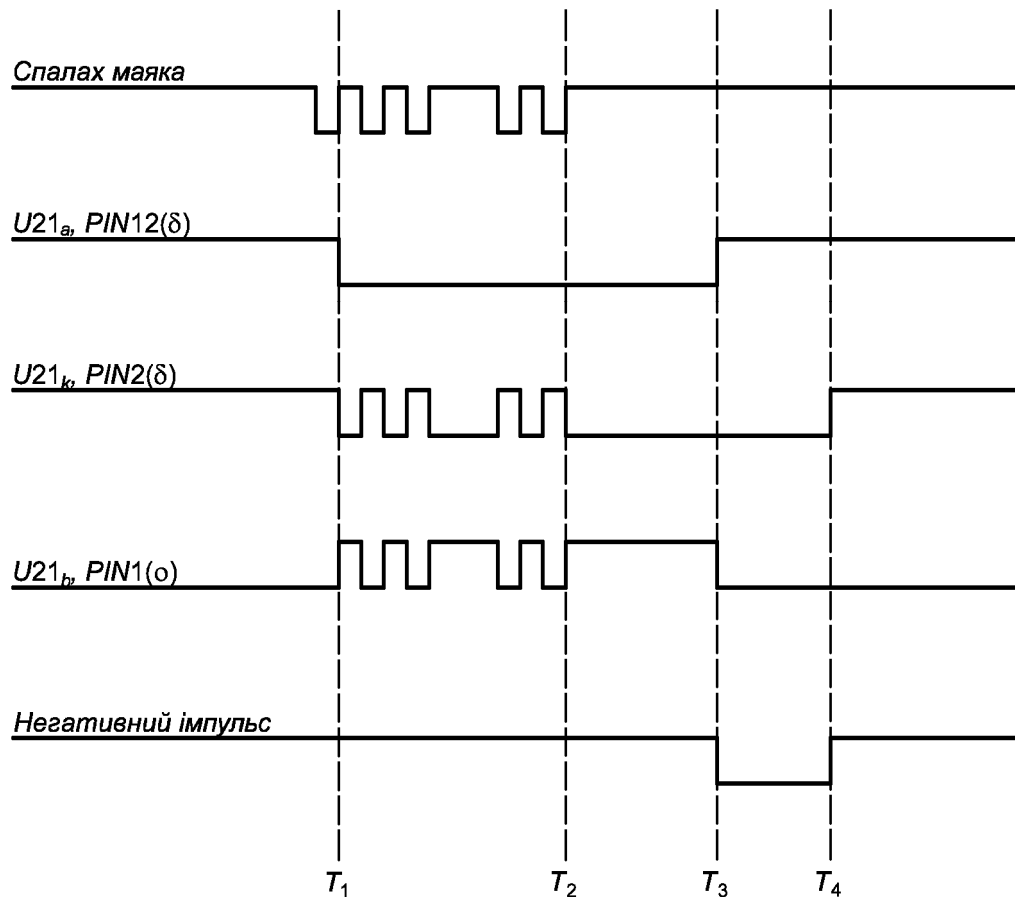


Рисунок 2.3 – Синхронізація сигналів для схеми формування сигналу

Різниця в часі виникнення імпульсів дорівнює часовій тривалості спалаху. Таким чином, повна ширина одного маяка визначається незалежно від того, був спалах безперервним чи ні. Таким чином, будь-який маяк, який закритий посередині, все одно вважатиметься одним маяком.

Виходи $\bar{O}$ U21a та O U21b об'єднані разом на U29a. Під час підрахунку виходи O тригерів U21a і b є високими, а виходи $\bar{O}$ – низькими. Тому вихід U29a низький, коли U23 і U24 не враховуються, але U25 і U26 працюють, це означає, що вихід U29a повинен бути низьким протягом часу, що дорівнює тривалості спалаху, але з невеликою затримкою в часі. Однак насправді краще буде, коли рівень на виході U29a буде низьким протягом половини тривалості спалаху, щоб можна було визначити центр спалаху. Тому тактова частота для лічильників перемикається на 200 кГц, що вдвічі перевищує нормальну частоту, щоразу, коли вихід U29a стає низьким, як показано в момент часу T_3 на рис. 2.3. Це дозволяє лічильникам досягати максимального підрахунку за половину часу та змушувати

вихід U29a залишатися низьким протягом часу, що дорівнює половині тривалості пакету. З цієї причини, вихід U29a називається «негативним» напівспалахом. Інвертована форма цього імпульсу об'єднується з індексним імпульсом, щоб створити вихідні імпульси, які виникають як для індексного імпульсу, так і для спостережень маяка. Ці сигнали використовуватимуться наземною навігаційною платою для ініціювання завантаження координат позиції в пам'ять.

2.5.4 Модуль гоніометра

Модуль гоніометра надає дані з оптичної навігаційної системи, які використовуються для обчислення положення. З цієї плати доступні три види даних, покази кута гоніометра для різних маяків, ширина маяків і адреса RAM інформації для ідентифікації конкретного маяка. Ця інформація зберігається в пам'яті під час кожного оберту гоніометра та доступна для читання бортовим комп'ютером у кінці оберту, якщо потрібно. Під час будь-якого одного оберту гоніометра зберігається лише інформація маяка, отримана під час цього оберту.

Коли лазерний промінь проходить один оберт, він потрапляє на кілька маяків. Кожен виявлений маяк матиме певний кут відносно індексного імпульсу від кодера на гоніометрі. Кут, під яким виявлено кожен маяк, буде двійковим числом від нуля до 50 000, де нуль відповідає нулю градусів (тобто в тій самій точці, що і індексний пульс), а 50 000 відповідає 360°. Слід зазначити, що існує «мертвий» кут, під яким маяки не видно, частково до і після індексного імпульсу, тому кутові покази навколо 0 та 50000 фактично не враховуються. Призначення мертвого кута буде пояснено пізніше.

Два лічильники CD4520, U35 і U36, підключені як 16-бітний лічильник пульсацій. Ці лічильники утворюють лічильник кутів гоніометра. U35 і U36 синхронізуються $f_c/2$, сигналом 100 кГц, так що вони підраховують від нуля до приблизно 50000 за один оберт гоніометра, перш ніж скинути до нуля індексним імпульсом.

Тому ці лічильники відстежуватимуть кут, під яким проходить лазерний промінь. Виходи лічильників кутів підключені до входів U37, U38 і U39, які є буферами трьох станів MC14503. Виходи цих буферів утримуються у стані високого імпедансу до половини, пакетні сигнали надходять від плати формування сигналу. Задній фронт сигналу «позитивного» напівспалаху або індексу змушує U144a, моностабільний мультівібратор, виробляти імпульс 0,2 мкс, який дозволяє буферизувати вихідні дані, щоб кут поточного маяка міг бути записаний в RAM.

Деталі запису даних в ОЗУ будуть пояснені далі.

Окрім збереження кута кожного виявленого маяка, потрібно також зберегти ширину маяка. Фізично всі світловідбиваючі стрічки мають однакову ширину; однак, чим ближче стрічка до гоніометра, тим більшим буде здаватися маяк, оскільки спалах буде довшим. Таким чином, тривалість спалаху фактично є мірою видимої ширини маяка. Необхідність зберігання даних про ширину пояснюється тим фактом, що хоча для обчислення місця розташування АТЗ потрібні лише три маяки, точність, з якою можна визначити положення, збільшується, коли маяки знаходяться близько. Тому використовується вимірювання ширини як засіб для визначення того, які маяки можуть бути відхилені як занадто далекі для точних розрахунків.

Відхилення маяків через їх ширину також дозволяє уникнути «поганого» спостереження маяків.

Як згадувалося раніше, спалах радіомаяка може дати неправдиву інформацію, якщо маяк був затемнений поблизу свого центру або якщо інші інфрачервоні джерела виробляли помилкові сигнали. Ці ситуації були компенсовані в конструкції плати формування сигналу. Є однак, інші ситуації, в яких спалах радіомаяка може вводити в оману, однак, відхиляючи маяки малої ширини, помилку, спричинену ними, можна зменшити. Наприклад, якщо лазерний промінь вдариться об поверхню, що відбиває, то відбудеться короткий спалах маяка, коли промінь буде перпендикулярний до поверхні. Подібним чином, якщо маяк частково закритий по своєму краю, відбудеться коротший, ніж звичайний, спалах. (У цьому випадку маяк, край якого лише злегка закритий,

можна використовувати в обчисленнях лише з незначною похибкою. Різниця між фактичним центром маяка та видимим центром дорівнює половині площі маяка, що покривається.) Для обох цих параметрів випадки, врахування ширини спалаху зменшить можливості використання таких помилкових показів.

Оскільки важливою є лише відносна ширина маяків, завдяки конструкції плати зручно вимірювати тривалість напівспалаху замість самого спалаху. Два лічильники CD4029, LM9 і U50, з'єднані для створення восьмибітового представлення ширини маяка. Ці лічильники синхронізуються за $f_c/2$, і підрахунок увімкнено лише під час напівсерії, щоб лічильники враховували тривалість напівсерії. Вихідні дані лічильників подаються в два буфери з трьома станами MC14503, U51 і U52. Ближче до кінця циклу підрахунку, буфери очищаються, тому дані надсилаються безпосередньо в оперативну пам'ять HM6516, U46. Наприкінці напівпакета підрахунок вимикається, буфери встановлюються у стан виходу з високим імпедансом, а останнє число, введене в RAM, фіксується, щоб стати «шириною» певного маяка.

Щоб записати дані або прочитати дані з оперативної пам'яті Harris HM65J6 на цій платі, потрібні три сигнали; $\overline{W}$, $\overline{G}$, $\overline{E}$. $\overline{W}$ і $\overline{G}$ – дозволи запису та читання відповідно, а $\overline{E}$ – дозвіл мікросхеми. $\overline{E}$ має бути низьким, щоб зафіксувати адресу пам'яті для будь-якої операції читання або запису. Вхід $\overline{W}$ в кожній комірці оперативної пам'яті стане низьким для 0,2 мкс для кожного пакету радіомаяків та імпульсу індексу, щоб дозволити зберігати належні дані. Зменшення $\overline{G}$ запускає послідовність читання, де всі дані, збережені під час попереднього обертання гоніометра, можуть бути зчитані з RAM. Під час цієї послідовності зчитування $\overline{G}$ може залишатися в низькому стані.

Перш ніж розглядати схему більш детально, буде корисно розглянути процедуру, яка використовується для запису на цю плату. У міру того, як гоніометр робить один оберт, слід виявити кілька маяків. При кожному виявленні маяка, лічильник адрес буде збільшено на одиницю, а інформація про кут гоніометра та ширину маяка буде зафіксована в RAM за цією адресою. Оскільки лічильник адреси починається з нуля, перший виявлений маяк

збільшить лічильник до одиниці, а ширина та кут маяка будуть записані в RAM. Так само другий виявлений маяк збільшить лічильник до двох, а його дані про кут і ширину будуть записані. Наприкінці оберту індексний імпульс буде сприйнято як візир маяка, а лічильник адреси буде збільшено ще раз, (адреса для інформації про індексний імпульс використовується на платі бортового навігатора).

Інформація, що зберігається в пам'яті на платі гоніометра, не має значення та не використовується. Загалом за один оберт гоніометра можна побачити максимум чотирнадцять маяків та один індексний імпульс.

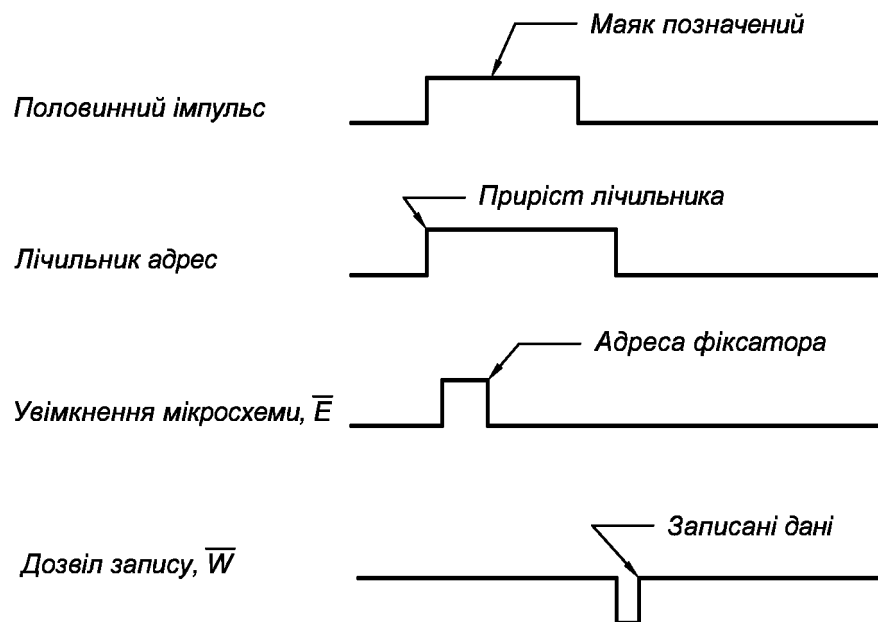


Рисунок 2.4 – Послідовність синхронізації сигналу для процедури запису

Рисунок 2.4 показує послідовність синхронізації керуючих сигналів, задіяних у процедурі запису. Як показано на цьому рисунку, позитивний і негативний напівпакети сигналів від плати формування сигналу ініціюють процес запису. Коли маяк виявлено, передній фронт позитивного напівспалаху синхронізує U42 лічильник адрес пам'яті, щоб збільшити поточну адресу на одиницю. У той же час негативний напівспалах запускає моностабільний мультивібратор U44b для створення короткого імпульсу тривалістю 0,1 мкс. Цей імпульс надсилається до трьох RAM (U40, U41 і U46) на вході $\bar{E}$, так що на

спадному фронті імпульсу поточна адреса буде зафіксована.

Позитивний напівpaketний вхід також підключений до моностабільного мультивібратора U11a, який вироблятиме імпульс 0,2 мкс, який використовується для зниження вхідного $\bar{W}$ на всіх RAM, а також змушує очистити буфери даних U37, U38, L39, U51 та U52. Це дозволяє записувати дані про кут і ширину маяка в RAM.

Лічильники кутів гоніометра працюють безперервно, тому інформація про кут маяка завжди доступна. Лічильники ширини маяка U49 і U50 призначені для підрахунку лише тривалості напівсерії. Цей період часу трохи подовжено, щоб врахувати той факт, що запис до ОЗП виконується відразу після напівпакета.

Щоб досягти цього, негативний напівpaket поєднується з імпульсом дозволу запису U115d і U115c. Надається комбінація RC для затримки напівpaketного імпульсу на U115d, щоб не виникало збоїв. Тоді на виході U115c є низький імпульс, який трохи довший за фактичний напівpaket сигналу.

Саме цей імпульс фактично враховується як ширина маяка, оскільки, коли виникає імпульс, лічильники ширини маяка, U49 і U50, починають підрахунок. Після закінчення імпульсу лічильник буде зафіксовано в пам'яті, а лічильники буде скинуто до нуля.

Імпульс індексу вказує на те, що гоніометр здійснив один оберт, і починає режим читання для плати, як показано на рис. 2.5.

Коли виникає цей імпульс, відбувається кілька речей. По-перше, індексний імпульс запускає два моностабільні мультивібратори. Одним з них є U44a, який створює затримку 1 мкс перед тактуванням тригера U45a, щоб дозволити читати RAM. Ця затримка використовується для того, щоб надати платі Ground Navigator час для обчислення та збереження даних про місцезнаходження. Індексний імпульс також запускає пару моностабільних мультивібраторів U43.

Ці два моноблоки діють як таймер на 20 мкс перед автоматичним скиданням лічильника адрес до нуля та вимкненням режиму читання. Ця схема синхронізації дає бортовому комп'ютеру достатньо часу для зчитування всієї інформації в ОЗУ перед скиданням плати.

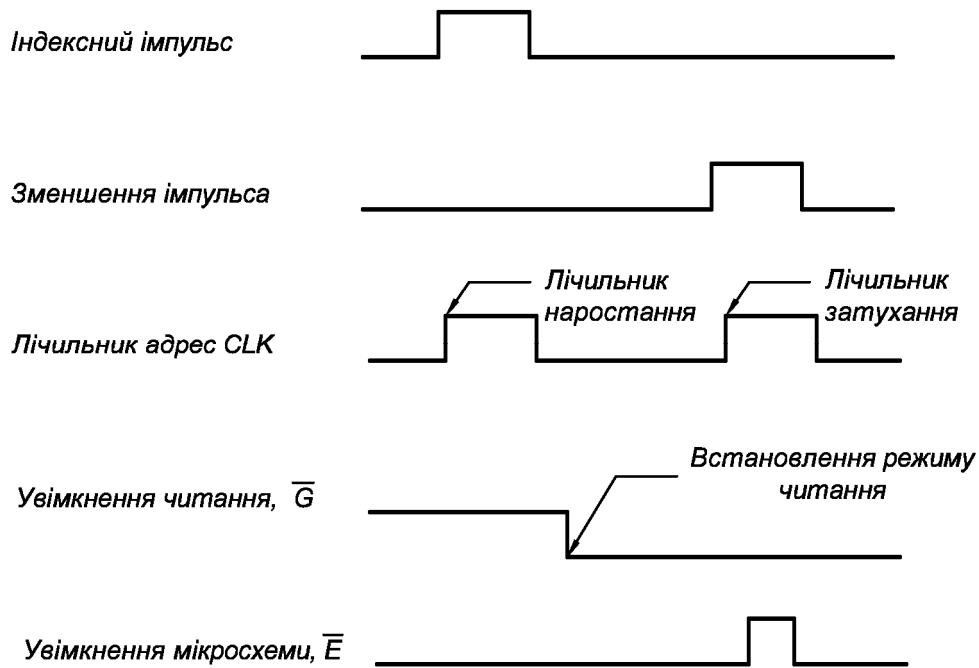


Рисунок 2.5 – Послідовність синхронізації сигналу для режиму читання

Коли на виході тригера U45а з’являється низький рівень, інформація може бути зчитана з RAM.

Поточна адреса буде адресою індексу, і бортовий комп’ютер читатиме інформацію з оперативної пам’яті плати бортового навігатора, але жодної інформації з пам’яті на цій платі, оскільки вона не має значення. Потім комп’ютер видає імпульс зменшення, який зменшує поточну адресу на одиницю, а також змушує моностабільний мультивібратор U44b виробити 0.

Вихід імпульсу 1 мс для входу $\bar{E}$ на RAM, щоб нова адреса була зафіксована.

У цей момент комп’ютер послідовно вмикає буфери U53, U54, U55 і U56 для отримання інформації про кут, адресу та ширину маяка, який було виявлено останнім під час попередньої сесії.

Дані також доступні в цей час на платі бортового навігатора, які будуть зчитані комп’ютером перед тим, як буде видано інший імпульс зменшення. Після наступного сповільнюючого імпульсу комп’ютер зчитує інформацію про передостанній помічений маяк.

Цей процес триває до тих пір, поки не буде прочитано всю інформацію про

маяк і лічильник адреси не буде зменшено до нуля. Нульовий вихід адреси призведе до того, що вихід логіки U47d/U48a NOR стане високим, що, у свою чергу, призведе до повернення високого рівня на вихід $\bar{O}_1$ тригера U45a. Далі схема виходить з режиму читання.

Якщо комп'ютер не зчитує інформацію з цієї плати під час режиму читання, лічильник адрес автоматично повертається до нуля на U43, і той самий процес, що описаний вище, виведе плату з режиму читання.

Інтервал, у якому панель гоніометра знаходиться в зоні зчитування, дуже важливий. Це єдиний випадок під час роботи гоніометра, коли бортовий комп'ютер може зчитувати інформацію з RAM. Протягом цього періоду часу будь-які виявлені маяки не реєструватимуться, тому його називають «мертвим кутом» щодо гоніометра.

Розмір «мертвого кута» залежить від кількості часу, необхідного комп'ютеру для виконання всіх операцій зчитування для максимальної кількості маяків плюс час затримки, пов'язаний із спалахом маяка до напівспалаху. Щоразу, коли маяк виявлений, генерується пакетний сигнал, задній фронт якого вказує на центр маяка. Однак цей сигнал має незначну затримку в часі від моменту, коли маяк було фактично виявлено. Тому час затримки, пов'язаний з початком спалаху маяка, закінчується половинним проміжком. Спалах повинен бути врахований у термінах мертвого кута до того, як має виникнути індексний імпульс. Попередні оцінки показують, що «мертвий кут» приблизно в десять градусів буде достатнім.

2.5.5 Модуль гіроскопа

Модуль гіроскопа призначена для прийому вихідних сигналів від авіаційного гіроскопа King Radio Corporation 102A та перетворення їх на кут. Контрольний кут, який за потреби надає бортовий комп'ютер, може бути введений на плату через шину даних.

Плата гіроскопа створює дванадцятибітне представлення пеленгу

транспортного засобу в градусах, яке складається з біта повороту вправо/вліво та одинадцяти бітів, що представляють поточний кут у діапазоні від 0° до 360° з роздільною здатністю чверть градуса.

Вхідний сигнал до цієї схеми від гіроскопа надходить у формі двох квадратних хвиль, одна фаза яких зміщена на 90° відносно іншої, з амплітудою 30 V. Виходи прямокутної хвилі коливаються між +15 V та -15 V. Коли ці сигнали надходять на плату, пара діодів використовується для блокування негативних напруг, а послідовний опір 11МОм запобігає перевантаженню затвора CMOS, що працює на 4.5 V.

Логічні вентиля U3 діють як засувки. Коли лінія дозволу висока, ця ділянка схеми прозора для сигналів, які проходять до вентилів Шмітта NAND U4a та U4b. однак, коли лінія дозволу низька, виходи вентилів NOR U3b і U3d зависають. Цей зафіксований стан використовується, коли буфери зчитуються бортовим комп'ютером, щоб уникнути зміни логічного стану під час операції читання.

Сигнали гіроскопа використовуються для роботи з набором лічильників, які підраховували б кількість градусів, однак є проблема. Загалом, кодери валу мають проблеми багаторазового підрахунку, коли нерухомий вал злегка коливається навколо межі. Тому необхідно застосовувати вхідні дані до лічильників кутів таким чином, щоб уникнути помилок, які можуть виникнути в результаті багаторазового підрахунку. Для цього необхідно, щоб, вихідні сигнали $\bar{E}$ і $\bar{D}$ вентилів NOR U3b і U3d, (рис. 2.6), інвертуються, а потім подаються в OR U5a і U5b. Слід зазначити, що входи XOR U5a є тим самим сигналом, за винятком того, що сигнал на виводі 5 інвертований і затримується через комбінацію RC.

Це призводить до того, що вихід U5a видає серію коротких негативних імпульсів, що виникають при кожному переході вхідного сигналу. Задні фронти цих імпульсів будуть використовуватися для синхронізації трьох лічильників CD4029 (U6, U7 і U8), які утворюють лічильник кутів. Лічильники будуть налаштовані на відлік вгору або вниз, залежно від напрямку обертання, коли вони синхронізуються заднім фронтом негативних імпульсів з виходу U5a.

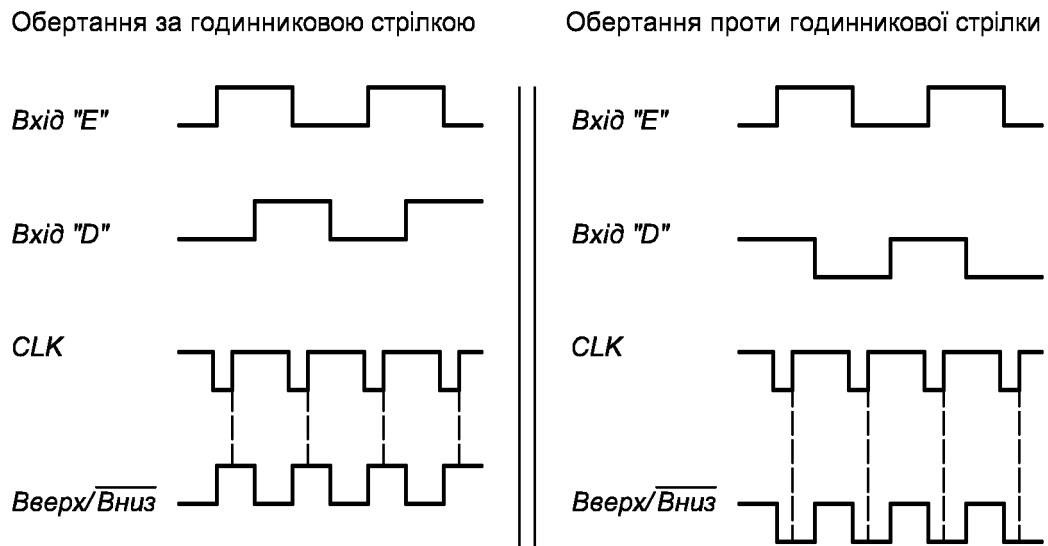


Рисунок 2.6 – Діаграма синхронізації лічильників кутів синхронізації

Таким чином, може бути очевидним, що це вирішує проблему багаторазового підрахунку, оскільки коливальний сигнал від гіроскопа через вібрацію валу змусить лічильники поперемінно рахувати на одиницю вгору, а потім на одиницю вниз для підтримки точного зчитування кута.

Для надсилання даних до бортових мікропроцесорів 74LS244 використовуються дві пари буферів стану: U9/U10 і U120/U121. Кожна пара буферів містить однакові дані, що складаються з молодшого байта і чотирьох бітів старшого байта. U9 та U10 вмикаються по одному за допомогою вбудованої комп'ютерної плати 86/05 на її восьмирозрядну шину, коли потрібне зчитування кута. Інша пара буферів вмикається одночасно на 16-бітову шину мікропроцесором 8085 на платі Ground Navigator. Слід зазначити, що дані, отримані з буферів, є не лише показанням кута гіроскопа, а фактично трьома фрагментами даних, налаштованими таким чином:

- біт 11 (MSB) – «1» вказує на виконання повороту праворуч, «0» вказує на виконання повороту ліворуч;
- біт 10 – біт 2 – ціле значення кута;
- біт 1 і біт 0 – значення половини та чверті значення кута.

Бажано, щоб вихід лічильників кутів був двійковим числом від 0 до 360 для вказання кута транспортного засобу. Щоб досягти цього, бажано змінювати

значення кута до нуля кожного разу, коли досягається 360 градусів і кут збільшується. І навпаки, якщо значення кута зменшується до нуля, його слід змінити на 360. Вихідний сигнал U17a тригера CD4013, високий, якщо кут збільшується (тобто виконується поворот праворуч), і низький, якщо кут зменшується (тобто для повороту ліворуч). Це старший біт шини даних і, у поєднанні з виходом лічильників кутів, вводиться як у групу вентилів OR, так і в компаратори. Вентилі АБО U11a і b, а також U12a і b використовуються як компаратор, щоб вказати, що нульовий кут досягнутий і кут все ще зменшується. Якщо це станеться, відбудеться така послідовність подій, щоб змінити значення кута на 360.

Припустимо, що всі біти на шині дорівнюють нулю. Це змусить вивід 13 U12b перейти в низький рівень. Низький вихід увімкне виходи «А» від U18, буфера з трьома станами MC14503, а також призведе до низького рівня вихідного сигналу інвертора U118f.

Вихід інвертора підключається до логічного елемента OR U117a, вихід якого також буде низьким, щоб увімкнути буфери U20 і U119B, за умови, що його інший вхід на виводі 2 має низький рівень. Таким чином, U117a запобігає ввімкненню буферів, якщо бортовий комп'ютер наразі надсилає оновлену інформацію про кут до лічильників кутів.

Також до виходу U118f підключені NAND U116b, c і d. При низькому сигналі від U118f усі NAND переходять у високий рівень, щоб дозволити лічильникам кутів завантажувати дані з буферів U20 і U119B. Буфери виводитимуть або всі нулі, або двійковий 360 залежно від виводу, активованого на буфері U18.

У цьому випадку виходи «А» U18 увімкнені, а лінія O_1 введе одиницю. Це створить двійковий 360° на входах U20 і U119B, який буде завантажено в лічильники кутів, коли ці буфери увімкнено. Тепер, коли лічильники кутів показують 360° це змушує вихід U12b повертатися на високий рівень, щоб відключити U18A, U119B і U20 і ввімкнути лічильники кутів для відліку від 360°. Подібна послідовність подій відбувається, якщо шина даних містить двійкове значення 360°, а MSB дорівнює одиниці, що вказує на зростаючий кут. Три

каскадних CD4585; U13, U14 і U15 є компараторами, налаштованими на вихід високого сигналу, якщо така ситуація виникає.

Вихід інвертується та вмикає виходи «В» U18, де на O_6 надсилається нуль. Той самий процес, що описаний вище, дозволить завантажити лічильники кутів з усіма нулями. Повний нуль на виході лічильників призводить до того, що на виході компаратора повертається низький рівень; буферизує U18B, U119B і U20 для повернення до високоомного вихідного стану, і дозволяє лічильникам відновити відлік з нуля.

Щоразу, коли буфер увімкнено, вхідний сигнал гіроскопа заморожується на 60 мкс за допомогою входу «заморожування» моностабільного мультівібратора на інтерфейсній платі. Це дозволяє уникнути будь-яких змін у зчитуванні кута, поки мікропроцесори фіксують дані.

Фактичний час, протягом якого вхід гіроскопа «заморожено», є достатньо коротким, щоб дозволити зчитувати дані, але не викликати помилки через відсутність імпульсів на виході гіроскопа. Протягом цього часу може статися не більше однієї зміни стану, і після зняття імпульсу відключення така зміна буде негайно зарахована.

Щоб забезпечити нульовий опорний кут або оновити поточний кут гіроскопа до більш точного, бортовий комп'ютер вибирає старший і молодший байти контрольних сигналів «Установити гіроскоп» з інтерфейсної плати.

Послідовність починається з того, що комп'ютер подає молодший байт нового кута на шину даних, а потім вибирає контрольний знак «Установити гіроскоп, LB». Керуючий сигнал дозволить вісім бітів передати на вихід буфера U19.

Вихідні лінії буфера з'єднані з паралельними входами даних лічильників кутів U6 і U7, де дані зараз присутні та будуть завантажені, оскільки керуючий сигнал змушує NAND U116b перейти на високий рівень.

Після завантаження байта молодшого кута надходить керуючий сигнал «Установити гіроскоп, LB».

Старший байт нового кута (з якого використовуються лише два молодших біта) тепер поміщається на шину даних, а контрольний сигнал «Установити

гіроскоп, НВ» вибрано в низький рівень. Це забезпечить вихід буфера «А» U119, щоб дозволити даним проходити на паралельні входи лічильника кутів U8.

Керуючий сигнал також призведе до того, що вихід NAND U116d стане високим, щоб дані могли бути завантажені в лічильник. У цей час керуючий сигнал знімається і встановлюється новий кут гіроскопа.

Оскільки існує ймовірність того, що в будь-який час може відбутися заміна кута нуля або 360° , необхідно запобігти цьому під час завантаження нових кутових байтів. Для цього дві лінії керування «Set gyro» під'єднані як входи до NAND U116a. Якщо вибрано будь-який керуючий сигнал (тобто стає низьким), вихід NAND стає високим, так що будь-яке ввімкнення буферів U119B та U20 запобігає логу АБО UI 17a. Таким чином запобігається конфлікт шини паралельних ліній введення даних.

2.5.6 Інтерфейсна плата

Інтерфейсна плата використовується для зв'язку між бортовим комп'ютером і периферійними платами. Ця плата в основному надсилає керуючі сигнали до периферійних буферів даних, щоб дозволити зчитувати дані або надсилати їх на плати через шину даних.

Деякі інші функції, доступні на платі: вироблення імпульсу переривання для початку циклу зчитування інформації гоніометра, вироблення сигналу «заморожування даних гіроскопа», можливість встановлення напрямку транспортного засобу та створення імпульсу декременту лічильника адрес пам'яті.

Усі функції, крім переривання циклу зчитування гоніометра, доступні для комп'ютера через порт СА. Кожен байт, надісланий на цей порт, вибере одну з функцій керування платою за допомогою двох мікросхем демультіплексування U76 і U77. Оскільки ці мікросхеми завжди ввімкнено, фіктивна адреса 00H використовується, коли жодна з функцій виводу не потрібна. Адресу 00H вибрано для уникнення проблем, які можуть виникнути, оскільки порт СА буде

виводити 00H протягом короткого часу кожного разу, коли пристрій 8255A PPI на платі комп'ютера повторно ініціалізується. Зазвичай це відбувається під час перепрограмування пристрою для перемикання стану I/O порту C8 (шина даних).

В таблиці 2.1 наведено шістнадцяткові адреси та назви функцій, доступних на платі інтерфейсу.

Таблиця 2.1 – Адреси портів та функції інтерфейсної плати

Hex Address	Функція
00	Не використовується
01	Доступність буфера лічильника адрес
02	Доступність буфера кутів гоніометра, HB
03	Доступність буфера кутів гоніометра, LB
04	Доступність буфера ширини маяка
05	Встановлення кута гіроскопа, LB
06	Встановлення кута гіроскопа, HB
07	Δu сигналу стробоскопа, HB
08	Δu сигналу стробоскопа, LB
09	Δx сигналу стробоскопа, HB
0A	Δx сигналу стробоскопа, LB
0B	Доступність координати буфера X, LB
0C	Доступність координати буфера X, HB
0D	Доступність координати буфера Y, LB
0E	Доступність координати буфера Y, HB
0F	Затухання імпульсу
10	Доступність буфера гіроскопа, HB
20	Фіксація первинної відстані навантаження
30	Фіксація вторинної відстані навантаження
40	Завантаження основної фіксації керма
50	Завантаження додаткової фіксації керма
60	Завантаження фіксації швидкості
70	Доступність буфера гіроскопа, LB
80	Встановлення руху вперед
90	Встановлення руху назад
A0	Запит на координацію

2.5.7 Налаштування режиму читання

Кожен оберт гоніометра записуватиме інформацію в плати плати формування сигналу та плати бортового навігатора. Наприкінці одного оберту

індексний імпульс налаштує ОЗУ на зчитування комп'ютером, проте в даний момент часу комп'ютер може не може прочитати вміст ОЗУ.

Коли комп'ютер зможе прочитати дані, він встановить один біт свого вихідного порту C , CC_1 , у низький рівень. Потім він очікує переривання, створене імпульсом індексу, щоб почати читання даних. В апаратному забезпеченні це робиться за допомогою вентиля OR U79a. Вихід цього затвора буде низьким, щоб перервати роботу комп'ютера, коли CC_1 на виводі 8 низький і виникає індексний імпульс.

Коли сигнал переривання виникає на контакті INT3 комп'ютера, починається послідовність зчитування для отримання даних гоніометра з плати гоніометра, даних про положення з плати наземної навігації та даних пеленгу з плати гіроскопа.

Послідовність читання буде проходити, оскільки буфери даних вибірково вмикаються виходами з порту SA комп'ютера на дві мікросхеми DMUX. Коли запитуються дані з буферів гіроскопа, моностабільний мультивібратор U80a запускається, щоб надіслати імпульс 60 мкс на плату гоніометра, щоб заморозити вхідні дані гіроскопа під час зчитування буферів.

Це станеться, коли бортовий комп'ютер або бортова навігаційна плата ввімкнуть буфери гіроскопа.

2.5.8 Вибір напрямку руху

Інтерфейсна плата також містить схеми прямого/зворотного руху. Бортовий комп'ютер може вибрати будь-який напрямок руху через U77. Напрямок транспортного засобу буде представлено на виході тригера U78a з низьким рівнем, що вказує «вперед», і високим станом, що вказує «назад».

Виходи NOR U111a та U111b підключені для забезпечення фіксованого виходу для керування напрямком, який надсилається на транзистор 2N3904, який перемикатиме реле між відкритим і закритим положеннями. Контакти реле підключені до сервоприводу для керування напрямком ведучого колеса.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розроблення та дослідження модуля приводу

Модуль приводу дозволяє бортовому комп'ютеру керувати системою водіння та рульового керування автоматизованого транспортного засобу. Він приймає інформацію від комп'ютера через шину даних із зазначенням швидкості транспортного засобу, кута повороту керма та довжини сегмента шляху, який потрібно проїхати.

Вихід кодера колеса від переднього колеса підключається до цієї плати, щоб визначити, коли відстань поточного сегмента шляху пройдено, щоб комп'ютер міг надати додаткові інструкції приводу.

3.2 Загальна процедура управління

Коли транспортний засіб рухається запланованою траєкторією, він повинен виправити помилки управління, які змушують його зійти з цього шляху.

Таким чином, бортовий комп'ютер керуватиме транспортним засобом сегментами загальної траєкторії, перевіряючи наявність помилок позиціонування через сегмент траєкторії та виправляючи ці відхилення за допомогою інструкцій керування для наступного сегмента. Виконання цієї процедури дозволить транспортному засобу компенсувати ковзання, зношення шин, і час відгуку керуючого пристрою.

Програмне забезпечення для обчислення сегментів шляху дозволяє комп'ютеру вказати два наступні сегменти на основі положення транспортного засобу біля кінця поточного відрізка та наміченої траєкторії. Зазвичай буде використовуватися лише перший із двох вказаних сегментів траєкторії, щоб мінімізувати помилку керування, однак обидва відрізки будуть використовуватися, якщо перший із відрізків настільки короткий, що комп'ютер не має достатньо часу для створення нових відрізків траєкторії. Така ситуація може виникнути, коли транспортний засіб має розташуватися на певному заданому пелензі та для цього має виконати короткий маневр подвійною дугою (наприклад, під час стикування). Тому, завдяки обчисленню та збереженню двох майбутніх сегментів шляху поблизу завершення поточного сегмента, інструкції щодо руху завжди будуть доступні для транспортного засобу.

3.3 Апаратна реалізація для теорії приводу

До двигуна ведучого колеса підключено кодер валу Micro-Mo Electronics з роздільною здатністю 125 імпульсів на оберт.

Передаточне число від двигуна до ведучого колеса забезпечує передачу одного імпульса на кожні 0,25 мм траєкторії. Вихідний сигнал кодера буде використовуватися для обчислення поточного розташування транспортного засобу кожні 0,25 мм.

Вихід кодера також підключено до пари лічильників CD4029, U57 і U58, які підключені для поділу сигналу кодера на 25. Результуючий сигнал, який виникає на виході U73a, потім синхронізує іншу пару лічильників, U64 і U65, один раз на кожних 5 мм шляху.

Ця пара лічильників налаштована на зворотний відлік від будь-якого двійкового числа, завантаженого в нього з U66, 74116 восьмибітного фіксатора. Цей фіксатор міститиме двійкове представлення довжини поточного сегмента шляху в одиницях 1/4 дюйма. Коли лічильники досягнуть нуля, ділянка шляху буде завершена; однак, комп'ютеру потрібен деякий час для обчислення та завантаження наступних двох ділянок шляху, тому обчислення має розпочатися трохи раніше кінця поточної секції шляху. Це досягається компараторами U62 і U63.

Ці компаратори вручну встановлюються за допомогою DIP-перемикача для надання сигналу щоразу, коли з'являється задане число під час зворотного відліку комбінації лічильників U64/U65. Сигнал сповіщає комп'ютер про початок обчислення довжини наступних двох сегментів шляху та кутів повороту.

Комп'ютер, зробивши розрахунки для двох наступних сегментів шляху, завантажить дані відстані для кожного з фіксаторів U66 і U67. Дані для першого шляху надсилаються на шину даних, а потім комп'ютер вибирає вихід «Завантажити первинний дистанційний фіксатор» із сигналів керування інтерфейсної плати. Цей низький сигнал призводить до того, що U66 і U67 очищаються, і після видалення сигналу керування, дані зафіксовані в обох мікросхемах. Дані для другого сегмента шляху тепер поміщено на шину даних,

а вхід плати «Завантажити вторинний фіксатор відстані» буде переведено на низький рівень. У цей час лише U67 прийматиме дані та фіксуватиме їх після видалення цього керуючого імпульсу.

Завантаження даних кута повороту в U69 і U70 тепер відбуватиметься аналогічним чином.

Якщо число відстані, завантажене в U66, менше за попередньо встановлене число порівняння, сигнал «почати обчислення» не з'явиться, оскільки U64 і U65 рахуються до нуля, і тому комп'ютер не буде перезавантажувати фіксатори новими даними.

Таким чином, дані вторинної фіксації U67 і U70 повинні бути зміщені в основні фіксатори, коли поточний сегмент шляху буде завершено. Після нульового відліку від U64 і U65 вихідний сигнал U73b стане низьким, що призведе до виведення короткого імпульсу моностабільного мультівібратора U71a 0,2/мкс.

Негативна форма цього імпульсу змушує фіксатори U66 і U69 фіксувати дані з вторинних фіксаторів, тоді як позитивна версія імпульсу дозволяє завантажувати нові дані про відстань у пару лічильників U64/U65. Тепер, коли передача завершена, транспортний засіб може продовжувати рух без перерви.

Дані керування на виході U69 надсилаються до цифрово-аналогового перетворювача DAC0800 U68. Вихідний сигнал цифро-аналогового перетворювача коливається від 0 до 10 В і надсилається на U72, операційний підсилювач LM741, для керування двигуном рульового керування. 0 В відповідає 90° поворот ліворуч, а 10 В відповідає повороту праворуч на 90°.

Швидкість транспортного засобу контролюється U109, цифрово-аналоговим перетворювачем, на виході якого є аналоговий сигнал від 0 до + 5 В. Дані про швидкість транспортного засобу фіксуються в U110 за допомогою сигналу керування «Load speed latch» від інтерфейсної плати. Вихід із фікстора U110 призведе до постійного аналогового вихідного сигналу з U109, який контролюватиме швидкість приводного двигуна.

3.4 Плата бортового навігатора

Ground Navigator Board – це спеціальна процесорна плата для наземної навігаційної системи. Він призначений для обчислення координат положення транспортного засобу по осях ХУ виключно на основі даних кута гіроскопа та кодера коліс.

Перевагою використання наземної навігації та цього процесора перед оптичною навігаційною системою є висока частота, з якою можна оновлювати положення транспортного засобу. Це означає, що поточні позиційні дані завжди доступні для бортового комп'ютера для використання в програмному забезпеченні приводу, щоб можна було обчислити та компенсувати помилки відстеження шляху. Крім того, оновлена позиція транспортного засобу під час кожного спостереження маяка також зберігається для використання програмним забезпеченням тріангуляції навігаційної системи, оскільки рух транспортного засобу між спостереженнями маяка також має бути компенсовано.

Звичайно, недоліком бортової навігаційної системи є її невисока точність. Вплив обертання Землі змушує гіроскоп дрейфувати з часом (приблизно на 1/4 градуса за хвилину). Крім того, зношення шин або проковзування передач впливатиме на точність кодера коліс у визначенні пройденої відстані.

Роздільна здатність кодера та гіроскопа також впливає на точність системи. Коли кодер видає імпульси на кожні 5 мм ходу переднього колеса, пройдену відстань можна визначити лише через ці інтервали. Однак це не означає, що проїзд транспортного засобу вимірюється в одиницях 5 мм, оскільки фізичною точкою транспортного засобу вважається центральна точка задньої осі. Фактична відстань, пройдена точкою транспортного засобу, завжди менше ніж 5 мм для кожного імпульсу кодера, якщо тільки транспортний засіб не рухається прямо, у цьому випадку рух транспортного засобу дорівнює ходу переднього колеса. Аналогічно, гіроскоп має роздільну здатність одну чверть градуса, тому пеленг транспортного засобу можна визначити лише в кутових одиницях цього розміру.

3.5 Алгоритм роботи бортового навігатора

Основною функцією Ground Navigator Board є обчислення компонент вектора x - y положення для послідовних коротких приростів Δl ходу переднього колеса. Для кожного Δl , поступові зміни компонентів Δx і Δy , додаються до попередніх координат положення x - y , щоб отримати поточне положення транспортного засобу.

На рисунку 3.1 показано, що коли транспортний засіб проїжджає деяку відстань Δl , орієнтація транспортного засобу зміниться з φ_1 на φ_2 , так що компоненти Δx і Δy , що описують рух, задаються як

$$\Delta x = \sqrt{\Delta l^2 - L^2(|\varphi_2 - \varphi_1|)^2} \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}; \quad (3.1)$$

$$\Delta y = \sqrt{\Delta l^2 - L^2(|\varphi_2 - \varphi_1|)^2} \sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad (3.2)$$

де L – відстань від ведучого колеса транспортного засобу до центру.

Квадратний корінь у наведених вище рівняннях перетворює рух переднього колеса на рух точки транспортного засобу, щоб результати вказували на нове положення точки транспортного засобу.

Проблема, однак, виникає через чверть градуса роздільної здатності гіроскопа. Приріст шляху Δl для транспортного засобу дорівнює 5 мм, що є занадто коротким для того, щоб гіроскоп міг визначити зміну пеленгу. Щоб гіроскоп відобразив зміну $|\varphi_2 - \varphi_1| = 0.25^\circ$, потрібно мінімум 14 кроків Δl .

Тому немає способу визначити радіус кривизни траєкторії транспортного засобу, доки не відбудеться зміна кута $\Delta\varphi$ на чверть градуса.

У термінах $\Delta\varphi = 0,25^\circ$, для відстані шляху $\Delta d = n\Delta l$, де n – кількість приростів Δl , пройдених в $\Delta\varphi$, рівняння 3.1 і 3.2 набудуть вигляду:

$$\Delta x = \sqrt{(\Delta l)^2 - L^2(\Delta\varphi)^2} \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}; \quad (3.3)$$

$$\Delta y = \sqrt{(\Delta l)^2 - L^2 (\Delta \varphi)^2} \sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \quad (3.4)$$

для кожної зміни $\Delta \varphi$ градусів.

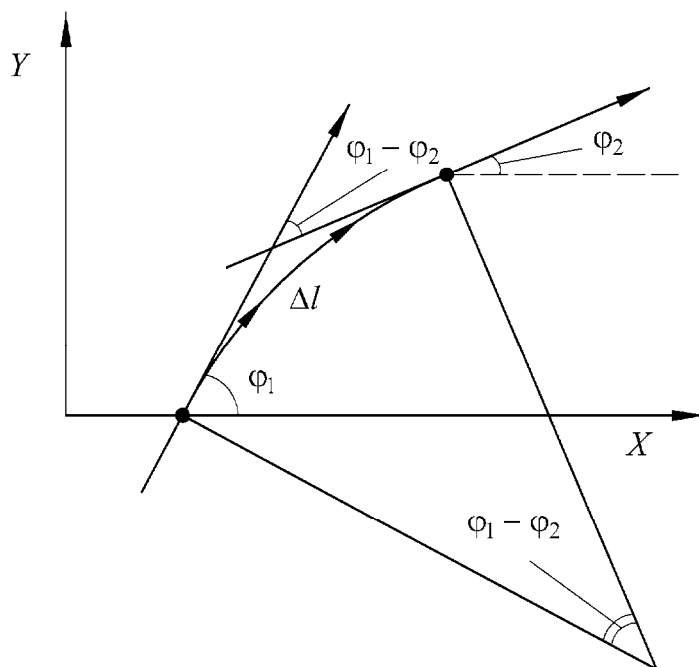


Рисунок 3.1 – Геометрія транспортного засобу

Звичайно, бортовий навігатор повинен обчислити координати x та y для кожного Δl ; отже, розрахунковий розрахунок шляху повинен знаходитися між змінами $\Delta \varphi$. Коли відбувається зміна $\Delta \varphi$, можна визначити радіус траєкторії транспортного засобу для останньої чверті градуса, і, таким чином, можна внести виправлення в розрахунки розрахункового шляху.

Щоб оцінити шлях транспортного засобу між змінами $\Delta \varphi$, коли радіус шляху невідомий, використовується лінійне наближення. Тобто, припускається, що транспортний засіб рухається прямолінійно під кутом φ_1 , як показано на рисунку 3.1. Потім координати положення транспортного засобу можна обчислити як

$$x = x_p + p \Delta l \sqrt{1 - L^2 \left(\frac{\Delta \varphi}{\Delta d} \right)^2} \cos \varphi_1 ; \quad (3.5)$$

$$y = y_p + p\Delta l \sqrt{1 - L^2 \left(\frac{\Delta\varphi}{\Delta d}\right)^2} \sin \varphi_1, \quad (3.6)$$

де x_p, y_p – попередні координати позиції x і y , обчислені під час останньої зміни $\Delta\varphi$,

p – це ціле число, що вказує кількість приростів Δl , пройдених з моменту останньої зміни $\Delta\varphi$,

$\Delta\varphi$ – відстань шляху, пройденого в попередньому інтервалі, $\Delta l = 5$ мм,

$\Delta\varphi = 0,00436$ рад., $L = 0,75$ м,

φ_1 – поточний кут, який зчитує гіроскоп.

Хоча це наближення може здатися досить неточним для малого радіуса шляху, відстань, пройдена між $\Delta\varphi$, досить мала, тому накопичуватиметься лише невелика помилка. Для великого радіуса шляху оцінений шлях буде близьким до фактичного шляху.

У той час, коли відбувається зміна $\Delta\varphi$, транспортний засіб подолає відстань $\Delta d = n\Delta l$, і тому радіус фактичного шляху, пройденого в минулому $\Delta\varphi$, може бути визначений таким чином, щоб можна було внести поправку до координат місця. Розрахунок корекції виконується за допомогою залежностей

$$x = x_p + n\Delta l \sqrt{1 - L^2 \left(\frac{\Delta\varphi}{n\Delta l}\right)^2} \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}; \quad (3.7)$$

$$y = y_p + n\Delta l \sqrt{1 - L^2 \left(\frac{\Delta\varphi}{n\Delta l}\right)^2} \sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad (3.8)$$

де n – ціла кількість приростів Δl , охоплених попереднім $\Delta\varphi$, і φ_2 ,

$\varphi_1 \pm 0,25^\circ$ – кут, який бачить гіроскоп після зміни напрямку.

Інші змінні визначені як у рівняннях 3.5 і 3.6.

Раніше розраховані координати x і y представляють фактичне положення транспортного засобу (проте слід зазначити, що значення n квантує відстань, пройдену під час зміни $\Delta\varphi$ і спричинить невелику помилку) і зберігаються як такі в пам'яті.

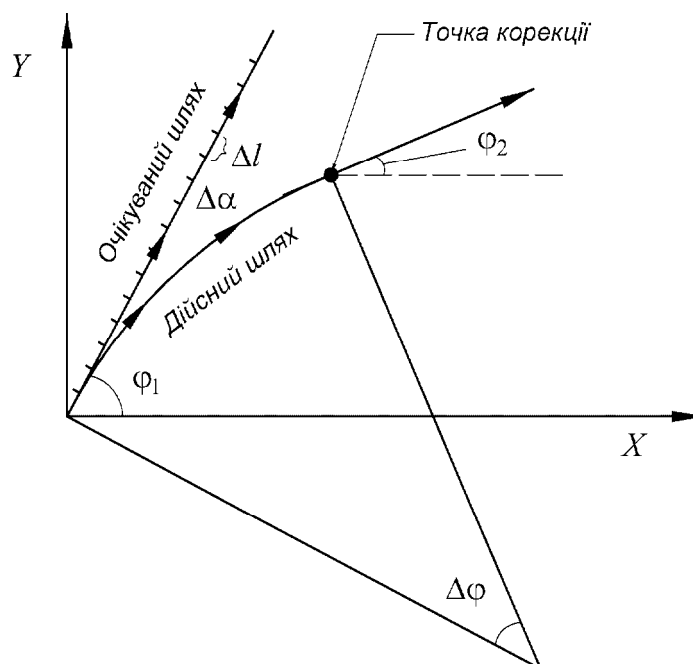


Рисунок 3.2 – Геометрія оцінки шляху для інтервалів $\Delta\varphi$

Отже, алгоритм роботи бортового навігатора дозволить визначати положення транспортного засобу для кожних 5 мм ходу переднього колеса шляхом наближення траєкторії як прямої для певного кута гіроскопа φ , а потім коригувати наближення при кожній зміні кута на $0,25^\circ$.

3.6 Інші функції бортового навігатора

Бортового навігаційна система за своєю суттю не така точна, як оптична навігаційна система. Через деякий час у визначенні координат позиції x і y накопичиться помилка. Щоб звести помилку до мінімуму, бортова навігаційна дошка дозволяє комп'ютеру надсилання точних координат місця замість поточних, більш неточних. Нові координати отримуються від оптичної навігаційної системи та замінюють поточні координати кожного разу, коли бортовий комп'ютер визначає місцезнаходження.

Плата бортового навігатора також містить пам'ять для збереження координат положення транспортного засобу кожного разу, коли маяк помічений. Знати місцезнаходження транспортного засобу під час кожного виявлення маяка необхідно для програмного забезпечення тріангуляції, яке використовується оптичною навігаційною системою.

Ця процедура використовує відстань, пройдену між виявленнями маяка, щоб точніше визначити положення транспортного засобу.

Координати місця розташування транспортного засобу, звичайно, завжди доступні за запитом бортового комп'ютера.

Комп'ютер часто потребуватиме доступу до поточних координат під час виконання процедури руху, яка компенсує помилку відстеження транспортного засобу поза наміченим шляхом.

3.7 Схема бортового навігатора

Ground Navigator Board являє собою спеціальний процесор для наземної навігаційної системи.

Однак спочатку деякі коментарі до схеми електричних кіл. Схеми дошки бортового навігатора наведені в графічній частині. Вхідні/вихідні сигнали, показані на кожній схемі, позначені літерами.

Обведені літери вказують на посилання на інший аркуш, тоді як просто літери позначають з'єднання з крайовими роз'ємами плати (які не мають відношення до обговорення схеми). Також жирна лінія вказує на наявність шини даних, ширина якої позначена уздовж лінії.

Мікропроцесор 8085A, LJ106 працює з кварцом 6,0 МГц, що забезпечує тактову частоту 3 МГц. Для цієї системи потрібно лише тринадцять адресних ліній, причому нижні вісім підключаються до U107, порту введення/виведення 8212, щоб зафіксувати молодший байт адреси. Імпульс ALE з мультиплексних ліній адреси/даних мікропроцесора. Байт молодшої адреси з U107 разом з A8, A9 і A10 від мікропроцесора застосовуються до адресних входів 2716 EPROM, U108, щоб забезпечити доступ до загальних 2k ROM. Останні дві адресні лінії від 8085A, A11 і A12 підключені до U102b, лінійного демультіплексора 74LS139 2-4. Ці біти адреси будуть використовуватися для вибору пам'яті та порту введення/виведення.

Оперативна пам'ять і дев'ять портів вводу/виводу забезпечуються трьома 8155 SRAM з трьома портами вводу/виводу кожна; U103, U104 і U105. Кожен пристрій містить 256 байт оперативної пам'яті, два 8-розрядних програмованих порту та один 6-розрядний програмований порт. Карта адрес пам'яті та функції портів для плат наведені на рисунку 3.3.

Лінії адрес пам'яті молодшого байта та лінії даних підключені до шини даних 8085A.

Молодший байт у в U98, старший байт x в U97 і, нарешті, молодший байт x в U96, який генерує низький сигнал на виводі 23, який вказує на те, що буфери зараз завантажені.

Цей сигнал представляє вхід переривання «Buffers Full» на RST 6.5 на 8085A. Інформація, що міститься в пристроях 8212, активується попарно після вибору U102a на 16-бітну шину, підключену до U103.

Кожна пара пристроїв 8155, U104 і U105, має власні 16-розрядні шини даних, які ведуть до набору буферів 74LS244 U82, U84, U86 і U88. Дані, наявні на вході цих буферів, можуть бути записані в чотири RAM HM6516, U89 – U92, або можуть бути доступні для прямого зчитування бортовим комп'ютером (вибірковим увімкненням буферів U81, U83, U85 і U87) залежно від того, яку операцію вибирають вихідні біти порту U104 і U105. Якщо PC0 зменшується, дані будуть записані в оперативну пам'ять або, якщо встановлено низький рівень PCI, дані будуть доступні безпосередньо на бортовому комп'ютері.

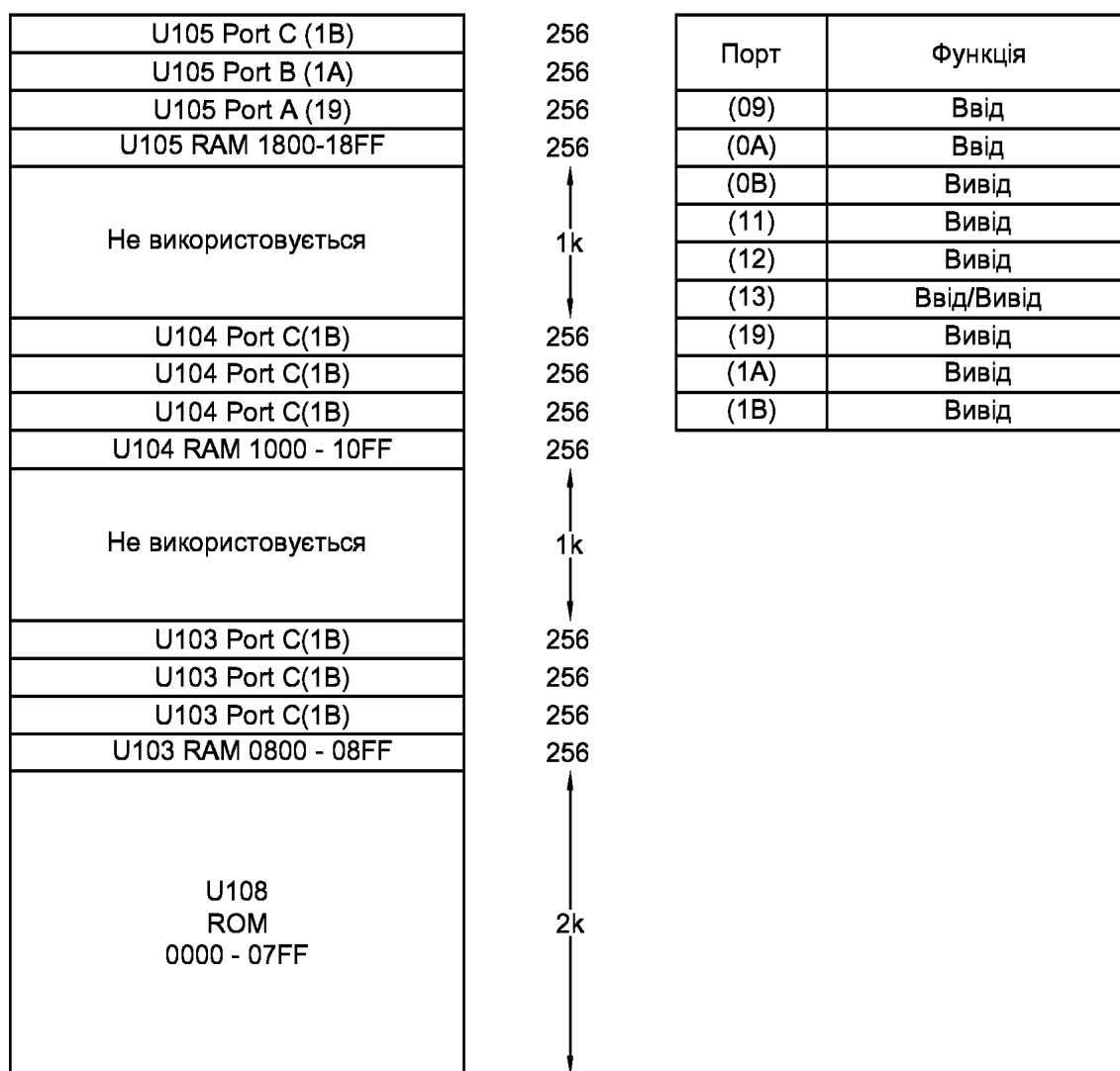


Рисунок 3.3 – Карта адрес пам'яті та таблиця функцій портів

Чотири мікросхеми RAM, від U89 до U92, міститимуть поточну позицію FNP для кожного візирного маяка. Тому адреса, мікросхема ввімкнення $\bar{E}$, лінії $\bar{G}$ і дозволу читання є тими самими, що використовуються на платі гоніометра. Сигнал дозволу запису $\bar{W}$ береться з PC0 на U104 і U105, якщо відомо, що дані позиції є стабільними перед записом.

3.8 Процедури переривання

8085 працює на основі переривання. Тобто, він простоює, якщо не відбувається переривання. Чотири переривання та їхні описи процедур наведено в таблиці 3.1.

Усі переривання обслуговуватимуться за принципом «перший прийшов, перший обслужений», за винятком переривання «Запит на координати», яке використовує вхід TRAP на 8085 і є немаскованим.

Таблиця 3.1 – Переривання наземного навігатора

Вхід	Переривання	Процедура
RST 5.5	Візорний маяк	Завантаження поточної позиції x, y в RAMs U89, U90, U91 і U92.
RST 6.5	Буфер заповнений	Завантаження оновлених координат x, y з буфера U96, U97, U98 і U99.
RST 7.5	Кінець ΔI	Обчислення та збереження нової позиції координат x, y
TRAP	Запит на координацію	Виведення поточної позиції x, y для прямого зчитування бортовим комп'ютером

Кожного разу, коли маяк виявлений або з'являється індексний імпульс, «позитивний напівпакет або індексний» імпульс від плати формування сигналу використовується для створення переривання «Маяк виявлений» на RST 5.5 8085.

Це вказує платі бортового навігатора завантажити поточне положення транспортного засобу в RAM НМ6516 для подальшого використання під час циклу читання оптичної навігаційної системи. Процедура відбувається таким чином.

Отримавши сигнал переривання, 8085 використовує свої дві адресні лінії для вибору RAM U104. Поточна 16-бітна координата x , що зберігається в цій RAM, потім виводиться на порти PA і PB (молодші та старші байти відповідно). Виконуючи це, 8085 потім встановлює PC0 порту ПК на U104 низький рівень, який активує буфери U82 і U84, одночасно встановлює низький рівень на вході дозволу запису $\bar{W}$ в ОЗУ U89 і U90, щоб дані записувалися на адресу,

зафіксовану в ОЗУ в цей час. Тепер координата y буде завантажена шляхом вибору U105, який містить поточну позицію y . Подібна послідовність подій дозволяє PC0 U105 увімкнути буфери U86 і U88, одночасно відкриваючи вхід $\bar{W}$ для RAM U91 і U92. Таким чином, 16-бітна координата y тепер також буде записана за поточною адресою пам'яті.

Вхідний імпульс переривання «Запит координат» на вивід TRAP 8085 означає, що бортовому комп'ютеру потрібні координати поточного положення. Процедура надання цих координат точно така ж, як і процедура переривання «Beacon Sighted», з тою лише різницею, що у цьому випадку виходи порту PCI від U104 і U105, а не лінії PC0 мають низький рівень. Це призводить до активації буферів U82, U84, U86 і U88; однак ОЗП HM6516 не буде ввімкнено.

Інша відмінність між двома процедурами переривання полягає в тому, що дані про координати повинні залишатися присутніми протягом більш тривалого періоду часу, щоб дозволити бортовому комп'ютеру вибирати та читати дані байт за байтом.

Переривання «Buffers Full» на вході RST 6.5 мікропроцесора вказує на те, що бортовий комп'ютер завантажив набір оновлених координат x і y з оптичної навігаційної системи в буфери 8212, від U96 до U99. Ці координати будуть використовуватися як заміна поточних, оскільки вони більш точні. Після отримання сигналу переривання 8085 вибере U103, який, у свою чергу, забезпечує вихід пари буферів U96/U97 з вихідними лініями PC0 та PC1. U96 і U97 містять нові молодші та старші байти координат x відповідно. Дані надходять на порти PA і PB U103 на 16-розрядній шині даних. Два байти, які зараз зберігаються в U103, переміщуються в U104, щоб замінити поточну координату x , яка там зберігається. В цей момент вихідні сигнали PC0 та PC1 з U103 змінюються для вибіркового увімкнення виходів U98 та U99, які містять байти даних низького та високого рівня координати y . Ця інформація завантажується в U103, а потім переміщується в U105, щоб замінити поточну координату y .

Процедура переривання «Кінець Δ » на сьогоднішній день є найскладнішою з процедур переривання через обчислення. Для кожних 5 мм

ходу переднього колеса транспортного засобу буде ініційовано цю процедуру переривання та буде виконано алгоритм роботи бортового навігатора, описаний раніше.

Ця процедура починається, коли сигнал переривання виявлено на RST 7.5 на 8085. Спочатку мікропроцесор вибере U103 для використання його PC0 та PC1 для включення кута гіроскопа на 16-бітну шину. Кут перевіряється, щоб побачити, чи змінився він з часу попереднього разу. Якщо він той самий, комп'ютер перейде до підпрограми для обчислення позиції, як визначено рівняннями 3.5 і 3.6, інакше він увійде в підпрограму для обчислення позиції за допомогою рівнянь 3.7 і 3.8. У будь-якому випадку наступним кроком буде дозвіл U104 перевірити стан прямого/зворотного входу на лінії PC3.

Статус цього біта визначає знак обчислених змін позиції Δx і Δy .

У цей момент починається обчислення з використанням даних гіроскопа, що зберігаються в U103, і даних про координати, що зберігаються в U104 і U105. Значення косинусів і синусів отримують із пошукової таблиці, яка знаходиться у верхній частині ПЗП U108. Значення цих функцій зберігаються для значень у діапазоні від 0 до 90 градусів із кроком у чверть градуса. Тому перед початком обчислень кут гіроскопа потрібно перевести в цей діапазон кутів. Після завершення необхідних обчислень оновлені координати позиції надсилаються на U104 і U105, щоб замінити старі.

4 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Працездатність людини-оператора.

Працездатність людини – це величина функціональних можливостей організму, котра характеризується кількістю та якістю роботи, виконаної за певний період часу. Протягом трудової діяльності працездатність людини з часом змінюється.

Розрізняють три основних фази працездатності людини, які по чергово змінюють одна одну в процесі трудової діяльності: фазу наростання працездатності, фазу високої стійкості працездатності, фазу зниження працездатності, зумовлену втомою.

Втома – тимчасове погіршення функціонального стану організму людини, яке проявляється у специфічних змінах фізіологічних функцій і погіршенні працездатності працівника.

Сучасна теорія втоми пов'язує її зі станом центральної нервової системи (ЦНС) і розглядає як охоронне гальмування у корі головного мозку, котре спрямоване проти виснаження функціонального потенціалу ЦНС.

Занадто напружена розумова діяльність може призводити до перевтоми працівника і має своїми проявами:

- а) порушення сну (аж до стійкого безсоння);
- б) зменшення опору до впливу несприятливих зовнішніх умов;
- в) підвищення нервово-емоційної збудливості тощо.

Розвиток втоми тягне за собою погіршення показників фізіологічних систем людини і зниження її працездатності.

Повне уявлення про працездатність людини можна отримати на основі даних про виробничі характеристики її діяльності у сукупності із відомостями про рівень функціональних змін органів і систем, які є найбільш завантаженими при певному різновиді праці.

На виробництві профілактика втоми працівника досягається двома

способами: створенням умов для відпочинку під час обідньої перерви у середині робочого дня і за рахунок короткочасних регламентованих перерв у робочий час.

При виконання робіт, які вимагають значних фізичних зусиль й участі великих м'язів, рекомендується використовувати не часті, але досить тривалі перерви по 10 - 12 хвилин кожна.

При виконанні особливо важких робіт рекомендується поєднувати роботу тривалістю 15 - 20 хвилин із відпочинком такої самої тривалості.

При виконанні робіт, що вимагають великої нервової напруги й уваги, швидких і точних рухів рук, рекомендується використовувати не часті, але короткотривалі перерви по 5 - 10 хвилин кожна.

Важливий спосіб профілактики втоми – мікропаузи в роботі, котрі виникають довільно внаслідок наявності розриву в часі між окремими технологічними операціями, а отже, і діями працівника.

Мікропаузи забезпечують підтримання оптимального темпу роботи та високого рівня працездатності. Залежно від характеру і важкості робіт вони становлять 10 - 100 с робочого часу.

При виконанні робіт у системі «людина – машина» вплив працездатності людини на продуктивність праці має складний, опосередкований характер і, зокрема, залежить від режиму роботи системи «людина – машина»; тривалості роботи в автоматичному режимі, тривалості налагоджувальних робіт тощо.

Втрата працездатності може бути постійною або тимчасовою, повною або частковою тощо.

Причинами втрати працездатності можуть бути:

а) порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок прояву небезпек виробничого характеру (виробнича травма);

б) патологічний стан людини, зумовлений виробничою діяльністю і пов'язаний із надмірним напруженням організму або іншим проявом небезпек виробничого характеру професійне захворювання);

в) порушення стану здоров'я внаслідок дії шкідливих речовин при їх проникненні в організм людини у виробничих умовах.

Втома є одним із найвпливовіших факторів, що істотно знижує

ефективність діяльності операторів. Цей стан пов'язують зі зниженням працездатності людини у процесі роботи.

Загальними рисами втоми є такі: відчуття нездужання, слабкості фізичних сил; розлад процесу уваги; розлад сенсорного аналізатора (зниження порогу чутливості рецепторів); порушення в моториці (невпевненість у виконанні дрібних дій, тремор рук); зменшення обсягу пам'яті та зниження швидкості мислення, зростання кількості помилок під час вирішення професійних завдань; послаблення волі (знижується рішучість, самоконтроль, витримка); сонливість (оператор може заснути на робочому місці).

Вказані психологічні показники втоми проявляються залежно від її сили. Якщо спостерігається слабка втома, то значного погіршення показників праці не відбувається, психічні процеси протікають у межах відносних норм. Якщо спостерігається середній рівень втоми, то можна спостерігати незначне падіння показників праці, деяке зниження швидкості протікання когнітивних процесів.

У разі значного посилення втоми в діяльності операторів відбувається незворотне падіння показників праці (надійності та ефективності). Психічні процеси, стани, особистісні риси людини погіршуються. В операторів можливий зрив діяльності (відмова від діяльності). Процес стійкості, протидії наростаючому впливу втоми залежить від умов праці і індивідуальних особливостей оператора. Тут має значення характер виконуваної роботи, режим праці й відпочинку, виробниче середовище, ціна помилки та мотивація оператора. Але на першому місці стоять особистісні особливості людини. До них слід віднести такі: фізичний вік, стан організму (рівень здоров'я); інтереси й мотивація, воля та риси характеру, система цінностей.

Від цих особливостей залежить те, як оператор переживає втому і як долає її в певних ситуаціях.

4.2 Психологічні причини нещасних випадків і травматизму.

Психологія безпеки розглядає застосування психологічних знань для забезпечення безпеки діяльності людини. Психологія безпеки праці становить важливу ланку в структурі заходів щодо забезпечення безпечної діяльності людини. Проблеми аварійності та травматизму на сучасних виробництвах неможливо вирішувати тільки інженерними методами. В основі аварійності та травматизму лежать організаційно-психологічні причини: низький рівень професійної підготовки з питань безпеки, недостатнє виховання, допуск до небезпечних видів робіт осіб з підвищеним ризиком травматизації, перебування людей в стані стомлення або інших психічних станах.

Таким чином, у психологічній класифікації причин виникнення небезпечних ситуацій і нещасних випадків можна виділити три класи.

1. Порушення мотиваційної частини дій. Виявляється в небажанні виконувати певні дії (операції). Порушення може бути відносно постійним і тимчасовим.

2. Порушення орієнтовної частини дій. Виявляється в незнанні правила експлуатації техніки та технічних систем і норм безпеки праці та способів їх виконання.

3. Порушення виконавчої частини. Виявляється в невиконанні правил (інструкцій, розпоряджень, норм) внаслідок невідповідності психічних і фізичних можливостей людини вимогам роботи.

При виконанні виробничих процесів необхідно призначити групу профілактичних заходів в кожній частині:

- мотиваційна частина пропаганда і виховання;
- орієнтовна частина навчання, відпрацювання навичок;
- виконавча частина профвідбір, медичне обстеження.

Крім того, причини виникнення небезпечних ситуацій і виробничих травм, пов'язаних з людським фактором, можна розкласти по різних рівнях, а саме: рівень індивідуума (вроджені чи набуті тимчасово або постійно психічні та фізіологічні характеристики організму); рівень середовища (умови праці,

порушення колегіальних відносин, незадовільний інструктаж з безпеки праці, житлові та матеріальні турботи); рівень суспільства (недостатня інформованість про професійні ризики та їх наслідки, вади в стратегії організації безпечної праці в галузі, порушення в умовах праці).

За обставин, однакових для всіх працюючих, що визначає значення у формуванні на виробництві поведінки кожної людини, мають його індивідуальні якості, що відображають сукупність соціально-психологічних і фізіологічних властивостей. Вони включають тип нервової системи, темперамент, характер, особливості мислення, освіти, досвід, виховання, здоров'я.

З метою попередження порушення правил безпеки необхідно застосовувати заходи організаційного та технічного характеру, що виключають можливість появи або створення умов для виконання небезпечних дій, позбавити працюючого можливості робити вибір між небезпечним і безпечним способом діяльності; посилити виховну, пропагандистську і навчальну діяльність, направлену на формування необхідної поведінки.

4.3 Значення автоматизації виробничих процесів в питаннях охорони праці

Процес автоматизації виробництва є одним із головних напрямів технічного прогресу вже пів сторіччя. У зв'язку з розвитком автоматики з'явилася можливість звільнити людину від безпосередньої участі у виробничому процесі, дало час для розвитку та вирішення інших завдань. Через процес автоматизації машини не лише замінюють фізичну працю людини, а й виконують функції управління виробництвом. При цьому процеси отримання, перетворення, передачі та використання енергії, матеріалів та інформації відбуваються в автоматичному режимі. В автоматизованому виробництві обслуговуючий персонал займається налагодженням механізмів та систем управління.

Сучасне виробниче підприємство – це повністю автоматизовані об'єкти, де всі операції виконуються без участі людини, а оператор лише задає на початку виробничого процесу необхідні параметри і стежить за справністю апаратури. Автоматичні системи управління виробництвом здійснюють безперервний контроль і точне регулювання параметрів процесу, таких як температура в камері, тяга в топці, або швидкість руху стрічкового конвеєра, що забезпечує високу якість продукції, що випускається. Важливу роль також відіграє висока безпека експлуатації обладнання, адже в більшості нещасних випадків на виробництві головну роль відіграє людський фактор.

Це вимагає ретельного вивчення питань забезпечення безпечних умов праці на таких підприємствах.

При розробці обладнання, що застосовується в автоматизованих системах, та засобів захисту працівників та обслуговуючого персоналу повинні враховуватися специфічні властивості залучених у виробничий процес машин та механізмів, пов'язані з особливостями конструкції, виконуваних функцій, динаміки та алгоритмів управління переміщенням робочих органів. Якщо ж технологія буде розроблена неправильно, то її корисність у плані безпеки буде дорівнювати нулю і така технологія буде завдавати більше шкоди, ніж користі.

Самі засоби захисту повинні бути розроблені з урахуванням необхідності знаходження обслуговуючого персоналу в робочому просторі промислових роботів. Слід врахувати, що обслуговуючий персонал бере участь у включенні, програмуванні, а також обслуговуванні та контролі промислових роботів та автоматизованого виробництва загалом.

Сама ж оцінка безпеки роботизованих та автоматизованих виробництв повинна включати:

- визначення необхідності доступу обслуговуючого персоналу до робочого простору для програмування, обслуговування або контролю за роботою автоматизованих та роботизованих виробництв;
- визначення шкідливих виробничих факторів та джерел їх виникнення при роботі на автоматизованих та роботизованих виробництвах;
- оцінку ступенів ризику виникнення різних небезпечних ситуацій на автоматизованих та роботизованих виробництвах;
- проведення комплексної оцінки безпеки та ухвалення рішення про достатність застосованих засобів захисту для забезпечення мінімального ризику для обслуговуючого персоналу.

Також слід пам'ятати, що конструкція автоматизованих та роботизованих виробництв повинна унеможливлювати травмування осіб та обслуговуючого персоналу. Якщо ж ця вимога з яких-небудь причин не може бути виконана, необхідно захистити робочий простір захисними огороженнями.

Пульти та органи управління також повинні відповідати певним вимогам.

Основними причинами, що формують небезпечні, критичні та аварійні ситуації при експлуатації робототехніки та автоматизованих систем є:

- непередбачені рухи виконавчих пристроїв обладнання при налагодженні, ремонті, під час навчання та виконання керуючої програми;
- раптова відмова у роботі промислового робота або технологічного обладнання, спільно з яким він працює;
- хибні (ненавмисні) дії оператора або наладчика під час налагодження та ремонту при роботі в автоматичному режимі;
- доступ людини в робочий простір обладнання, що функціонує в режимі

виконання програми;

- порушення умов експлуатації промислового обладнання;
- порушення вимог ергономіки та безпеки праці при плануванні комплексу та дільниці.

Встановлено, що найбільш травмонебезпечною ситуацією є прямий контакт людини з машиною, коли людина виконує такі операції, як перепрограмування, налагодження, ремонт, встановлення, зняття інструменту, монтаж, змащення або чищення, виявлення причин та усунення несправностей.

Найбільшого ризику бути травмованими під час виконання вищеперелічених операцій піддаються працівники таких професій: слюсарі-монтажники, складальники, електротехніки, наладчики, майстри дільниць.

Основним принципом забезпечення безпеки автоматичних та автоматизованих виробничих процесів чи виробництв є виключення чи зведення до мінімуму ймовірності (соціально-допустимого ризику) виникнення небезпечних ситуацій, що формують нещасні випадки та інші небажані явища.

Іншим, не менш важливим принципом забезпечення безпеки автоматизованих виробництв є принцип економічної доцільності. Враховуючи, що абсолютна безпека - це лише бажаний стан будь-якого виробничого процесу при сучасному рівні розвитку техніки, необхідно обирати такі технології, форми організації робіт та засоби захисту, які б при мінімально можливих витратах на охорону праці досягати необхідного рівня ризику безпеки.

Реалізація зазначених принципів передбачає:

- необхідність використання методу системного аналізу при виявленні небезпечних або шкідливих виробничих чинників та небажаних наслідків контакту людини з ними;
- оцінку стану (рівня) безпеки процесу;
- вибір та обґрунтування кількісних показників рівня безпеки проєктованого або експлуатованого виробництва для розробки загальних та спеціальних вимог;
- забезпечення виконання розроблених вимог при проєктуванні та експлуатації.

Для захисту людини від небезпек застосовують два методи:

- забезпечення неможливості проникнення людини в робочу зону за наявності джерел небезпеки;
- застосування спеціальних пристроїв та пристроїв, які безпосередньо захищають людину від будь-якої небезпеки, що становить реальну загрозу для її життя або здоров'я.

Аналіз та правильне використання відомостей про розподіл, динаміку та причини виробничого травматизму при експлуатації автоматичних ліній дозволяють уникнути повторення помилок при проектуванні, створенні та експлуатації нових автоматичних ліній, комплексів та виробництв.

3.4. Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Інженерно-технічні заходи передбачають впровадження колективних заходів забезпечення сприятливих мікрокліматичних та зорових умов праці на робочих місцях, заходи захисту від впливу шкідливих речовин у повітрі робочої зони, від шуму, ультразвуку, вібрації, електромагнітного випромінювання, іонізуючого випромінювання, а також заходи попередження ураження електричним струмом, виникнення пожеж та аварій під час експлуатації технологічного устаткування.

З виявлених в ході аналізу умов праці на робочому місці небезпечних та шкідливих факторів виділяється один найбільш несприятливий, щодо якого розробляються детальні заходи з охорони праці. Для забезпечення здоров'я працівника і безпеки умов праці на робочому місці передбачають цілий ряд інженерно-технічних заходів.

1 Нормалізація повітря робочої зони.

Здійснюються заходи щодо приведення параметрів мікроклімату у відповідність до нормативних значень та забезпечення чистоти повітря робочої зони. З цією метою необхідно використовувати можливості вдосконалення технологічних процесів та їх апаратурного оформлення, а також вибору схем виробництва, сировини, палива, транспорту з метою зниження тепловиділення і зведення до мінімуму надходження шкідливих речовин у повітря робочої зони.

За недостатності технологічних заходів для нормалізації повітря робочої зони слід використовувати спеціальні методи і засоби такі як, вентиляція, опалення, кондиціювання повітря, засоби індивідуального захисту, екранна ізоляція теплових агрегатів тощо. В гарячих цехах потрібно передбачити особливий питний режим, кімнати відпочинку та повітряні оазиси. Підбираються засоби контролю мікроклімату та чистоти повітря робочої зони.

2 Виробниче освітлення.

Під час проектування або реконструкції виробничих приміщень (підрозділів) здійснюються заходи щодо встановлення окремих видів і систем освітлення. Для систем електричного освітлення підбираються типи ламп,

освітлювачів (вказується використання останніх), напруга освітлювальної мережі, джерела живлення.

Згідно галузевих норм передбачається аварійне та ремонтне освітлення (називаються типи памп, освітлювачів, їх виконання, номінальна напруга).

3 Захист від виробничого шуму та вібрацій.

В проектах повинен бути розроблений комплекс заходів застереження, зниження та захисту від шуму й вібрацій. За необхідності передбачаються засоби індивідуального захисту, погоджується режим праці та відпочинку працюючих, а також засоби контролю параметрів шуму й вібрацій.

4 Захист від електромагнітних полів і лазерних випромінювань.

В залежності від характеристики джерел електромагнітних і лазерних випромінювань обираються і розробляються заходи захисту персоналу (захист часом, відстанню, екранами, засобами індивідуального захисту). Виконується оцінка прийнятих заходів і вказуються засоби контролю.

5 Захист від іонізуючих випромінювань.

З урахуванням виду і характеристики випромінювань розробляються заходи захисту персоналу. Оцінюються прийняті заходи і підбираються засоби контролю іонізуючих випромінювань.

6 Електробезпека.

Безпека експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних і технічних засобів і заходів, що забезпечують безпеку за нормального та аварійного режиму роботи електроустановок.

Для захисту людей від ураження електричним струмом слід передбачати блокувальні пристрої, електричний розподіл мереж, занулення, подвійну ізоляцію, захисне вимикання.

Вибір захисних пристроїв потрібно обґрунтувати з посиланням на нормативні документи та навести його (їх) схему.

При розробці основних вимог щодо електропроводки виробничого приміщення треба за встановленою потужністю споживачів вибрати тип і кількість силових кабелів, встановити місце розташування електричного щита, вибрати пускорегулюючу та захисну апаратуру.

Особливу увагу необхідно приділити забезпеченню швидкого вимикання пристроїв обчислювальної машини в разі аварії або нещасного випадку.

Якщо необхідно, слід вказати причини виникнення статичної електрики у виробничому приміщенні, величину його потенціалу, розробити заходи щодо попередження утворення статичних зарядів, їх нейтралізації та зняття. Необхідно описати умови експлуатації апаратури збору інформації, передбачити захист цієї апаратури від можливого агресивного середовища, пилу, вологи, променевого тепла тощо, вибрати засіб живлення та електричного захисту цієї апаратури.

Також необхідно визначити рівень навантаження за робочу зміну: кількість знаків за робочу зміну (у тисячах) або тривалість роботи за зміну (годин).

Вимоги до організації робочого місця та режиму роботи мають приводити психофізіологічні небезпечних або шкідливих виробничих чинників до норм.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу виконаних робіт та одержаних результатів, можна зробити висновок, що основні завдання кваліфікаційної роботи виконані, тобто, розроблено реальну мікропроцесорну навігаційну систему для керування автоматизованим транспортним засобом.

Разом з тим, отримані результати дозволяють сформулювати питання, які потрібно розглянути для покращення окремих елементів навігаційної системи, накласти певні системні обмеження та адаптувати її до реальних виробничих умов.

Розроблена оптична система має деякі обмеження щодо відстані від гоніометра до маяка. Здатність виявляти далеко розташовані маяки неважлива для цієї системи, однак виявлення на близькій відстані має вирішальне значення, особливо в ситуаціях стикування. Якщо спалах маяка перевищує час для досягнення кінцевої кількості лічильників через близькість маяка, лічильники буде скинуто, а потім негайно знову увімкнено. Це створить напівпакети імпульсів меншої ширини, ніж вони повинні бути, викликаючи збереження неправильного кута та ширини маяка.

Щоб уникнути цієї ситуації, можна вибрати або відповідний вибір ширини фізичного маяка, або збільшити кількість, до якої збільшуються лічильники, щоб дати більше часу для довгих пакетів.

Друге міркування щодо виявлення радіомаяка на близькій відстані – це розширення променя лазера гоніометра.

Одним із рішень цієї проблеми була б зміна конфігурації гоніометра, шляхом переміщення лазера із дзеркальної лінзи вбік і замінивши його невеликим дзеркалом, яке відображає промінь до обертового дзеркала. Це забезпечить більшу площу на лінзі для входу променя.

Друге рішення полягає у використанні світловідбиваючої поверхні нижчої якості на маяках, яка розповсюджує промінь настільки, щоб дозволити виявлення близьких маяків, не втрачаючи можливості для виявлення більш віддалених маяків.

Недолік оптичної навігаційної системи в цілому полягає в тому, що фіксація позиції може здійснюватися лише з півсекундними інтервалами.

Між виправленнями потрібно покладатися на наземну навігаційну систему, тому точність знижується. Однак існує можливість обернути дзеркало гоніометра набагато швидше, в ідеалі до швидкості, при якій наземна навігаційна система може бути повністю виключена. Ця схема створить більш просту та точнішу систему, і, крім того, рух транспортного засобу між спостереженнями маяка стане незначним, тому його не потрібно буде компенсувати. Однак є два головних недоліки. Одна з них полягає в тому, що маяки повинні бути помітними майже для кожного оберту гоніометра, щоб була можлива точна навігація. У багатьох виробничих середовищах, це може бути важко через велику кількість об'єктів, які можуть блокувати виявлення маяків. По-друге, є проблема часу обчислення. Чим швидше обертається гоніометр, тим більшим має бути мертвий кут, щоб було достатньо часу для обчислення положення транспортного засобу, і, отже, менше часу буде доступно для виявлення маяків. В промисловій версії цієї транспортної системи гоніометр, швидше за все, буде розташований в нижній частині транспортного засобу, а не над ним (щоб не заважати вантажу). Це створює фізичний мертвий кут 90° , який у поєднанні з швидким процесором може дозволити транспортному засобу використовувати лише оптичну систему.

Ще одне обмеження, яке слід враховувати, стосується кількості можливих виявлень маяка за кожен оберт гоніометра. Багато маяків повинні бути видимими транспортним засобом з будь-якої точки траєкторії. Однак у деяких випадках може статися, що може бути виявлення більше маяків, ніж поточне обмеження. Щоб уникнути помилки, ліміт слід збільшити, додавши ще один адресний рядок до плат гоніометра і бортового навігатора, однак слід знати, що це робиться за рахунок більшого процесорного часу.

Оскільки на даний час невідомі детальні виробничі умови, тому неможливо точно вказати багато специфікацій та обмежень транспортного засобу. Отже, може знадобитися кілька модифікацій апаратного забезпечення для адаптації до нових або непередбачених специфікацій програмного забезпечення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
2. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. К.: Аграрна освіта, 2010. 557 с.
3. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці (Практичний курс): Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: «Думка», 2010. 152 с.
4. Гайченко В.А., Коваль Г.М. Основи безпеки життєдіяльності людини: Навчальний посібник. К.: МАУП, 2002. 226 с.
5. Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів. В 4 т. Київ: 1995. 1997.
6. Інформаційні технології на транспорті: навч. посібник /В.Х. Далека, К.О. Сорока, В.Б. Будниченко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х.: ХНАМГ, 2012. 364 с.
7. Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Вид-во ТНТУ. 2021. 40 с.
8. Локазюк В. М. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах: Навч. посіб. для вузів. К.: Академія, 2002. 368 с.
9. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
10. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов та ін. // Науковий журнал: Управління проектами, системний аналіз і логістика. К.: НТУ, 2014. Вип. 12. С. 15-23.
11. Павликівський, В. І. Автоматизовані та автономні транспортні засоби на

- автошляхах України: перспективи впровадження та проблеми правового регулювання / Павликівський В. І., Юртаєва К. В., Завальний М. В. // Європейські перспективи. 2023. №3. С. 5-17.
- 12.Пушкар М.С., Проценко С.М. Проектування систем автоматизації. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.
- 13.Шавьолкін О. О., О.М. Наливайко. Перетворювальна техніка : навч. посібник Краматорськ : Донбаська ДМА, 2018. 328 с.
- 14.Design and Operational Considerations for the HEDS-5000 and HEDS-6000 Incremental Shaft Encoders; Hewlett Packard Optoelectronics Designer's Catalog, p. 9-179, 1984.
- 15.Golnabi, H. Design and application of industrial machine vision systems / H. Golnabi, A. Asadpour // J. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2007. P. 630 - 637.
- 16.Grigorescu, S., Trasnea, B., Cocias, T., & Macesanu, G. (2019). A Survey of Deep Learning Techniques for Autonomous Driving. Robotics and Autonomous Systems, 10.1002/rob.21918.
- 17.Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection.
- 18.Jorgenson, C., Hamel, W. and Weisbin, C., Autonomous Robot Navigation; Byte, Vol. 11, pp. 223-235, January 1986.
- 19.Hassan Haleh, Arman Bahari, «Automated Guided Vehicles Routing». 2014 TJEAS Journal-2014-4-2/60-66.
- 20.Marshall C. Documentation of Hardware Design and Theory for a Wireless AGV Navigation System; A Documentation Submitted to SJ Handling Systems, Inc., September 2005.