

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Методи передачі даних між високошвидкісними БПЛА в умовах потужного електромагнітного випромінювання

виконав ст. гр. СПм-22-1 Горбань Д. О
керівник доц. Ткачов В.М

Мета роботи

Аналіз існуючих методів передачі даних у БПЛА та їх вразливостей до електромагнітних перешкод.

Розробка нового методу, який забезпечує підвищену стійкість до електромагнітних впливів та забезпечує ефективне управління даними.



Огляд предметної області

Значення БПЛА в сучасному світі



Виклики передачі даних

- перешкоди сигналів
- обмежена пропускна здатність
- сумісність та інтеграція

Вплив електромагнітного випромінювання

- перешкоджає сигналу
- пошкоджує компоненти
- погіршення якості з'єднання
- помилки в даних

Методи передачі даних між висококомобільними БПЛА в умовах потужного електромагнітного випромінювання

3

Аналоги

- **Традиційний Радіозв'язок:**
 - + Широко використовується, добре розроблений.
 - Вразливий до електромагнітних перешкод, обмежена пропускна спроможність.
- **Супутниковий Зв'язок:**
 - + Забезпечує широке покриття, незалежний від земних перешкод.
 - Висока затримка сигналу, дороговизна, можливі перешкоди від космічних факторів.
- **Лазерні/Оптичні Системи:**
 - + Висока швидкість передачі, захист від перехоплення.
 - Вимагає прямої видимості, чутливий до атмосферних умов.

Методи передачі даних між висококомобільними БПЛА в умовах потужного електромагнітного випромінювання

4

Огляд архітектурних рішень

Аналіз каналів зв'язку

- Wi-Fi
- Bluetooth
- LTE
- LoRa(Long Range)
- Zigbee
- Starlink

Ключові функції

- стабільна та надійна передача даних
- організація можливості прокладання та зміни маршруту дрона
- дод., передача відеосигналу

Остаточні компоненти системи

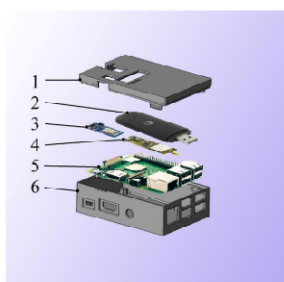
- LTE-модуль
- Wi-fi модуль
- LoRa модуль
- контролер зв'язку
- польотний контролер



Методи передачі даних між високомобільними БПЛА в умовах потужного електромагнітного випромінювання

5

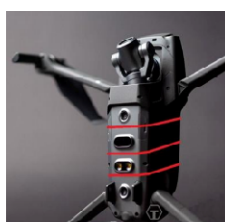
Елементи системи



1. крышка корпуса
2. LTE модуль
3. Wi-Fi модуль
4. LoRa модуль
5. Raspberry Pi Zero
6. корпус



розташування модулів в корпусі



розміщення стяжок для закріплення розробленого пристрою на БПЛА

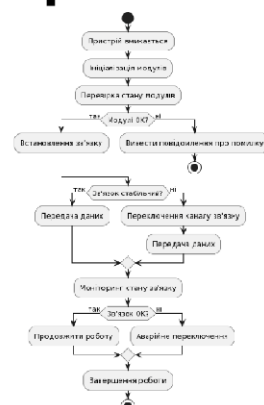
Методи передачі даних між високомобільними БПЛА в умовах потужного електромагнітного випромінювання

6

Метод передачі даних при роботі з пристроєм

Прийнято рішення використовувати три основні технології зв'язку: LTE, Wi-Fi та LoRa. Кожна з цих технологій базується на своїх унікальних принципах роботи та оперує на різних радіочастотах, що забезпечує додаткову надійність та гнучкість системи.

Вибір конкретної технології зв'язку в залежності від умов польоту дозволяє адаптуватися до різних дальностей комунікації та специфічних радіоумов, з якими може зіткнутися дрон.



Спрощена схема роботи пристрою

Методи передачі даних між висококомобільними БПЛА в умовах потужного електромагнітного випромінювання

7

Умови реалізації

1. Технічна Сумісність:

Метод має бути сумісний з існуючою інфраструктурою БПЛА

2. Економічна Виправданість:

Впровадження методу має бути економічно ефективним порівняно з іншими рішеннями

3. Регуляторна Сумісність:

Метод має відповідати всім нормативним та законодавчим вимогам

4. Виправданість:

Перевага над конкурентами в плані надійності до електромагнітних перешкод

Методи передачі даних між висококомобільними БПЛА в умовах потужного електромагнітного випромінювання

8



Висновки

Виконано аналіз методів передачі даних в умовах потужного електромагнітного випромінення.

Розглядалися різні сценарії, включаючи польоти в районах з високою концентрацією ЕМВ, екологічний моніторинг промислових зон та польоти в міському середовищі.

Оцінено надійність та ефективність різних методів передачі даних, що виявило важливість адаптивності та гнучкості вибору каналів зв'язку в залежності від конкретних умов.

17.01.2024

ЗАГОЛОВOK ПРЕЗЕНТАЦІЇ

11



Висновки

Було досягнуто значного прогресу у розумінні та вдосконаленні передачі даних в БПЛА в складних умовах, що є ключовим для ефективної реалізації різноманітних застосувань безпілотних систем.

Розроблений метод та алгоритми забезпечують високу надійність та адаптивність у різних умовах, що є основою для успішного впровадження цих технологій на практиці.

Метод передачі даних для БПЛА демонструє значні переваги в порівнянні з вітчизняними аналогами, зокрема, у контексті адаптивності до умов сильного електромагнітного випромінення та високої мобільності БПЛА.

17.01.2024

ЗАГОЛОВOK ПРЕЗЕНТАЦІЇ

12

ДОДАТОК Б

Детальна схема роботи пристрою

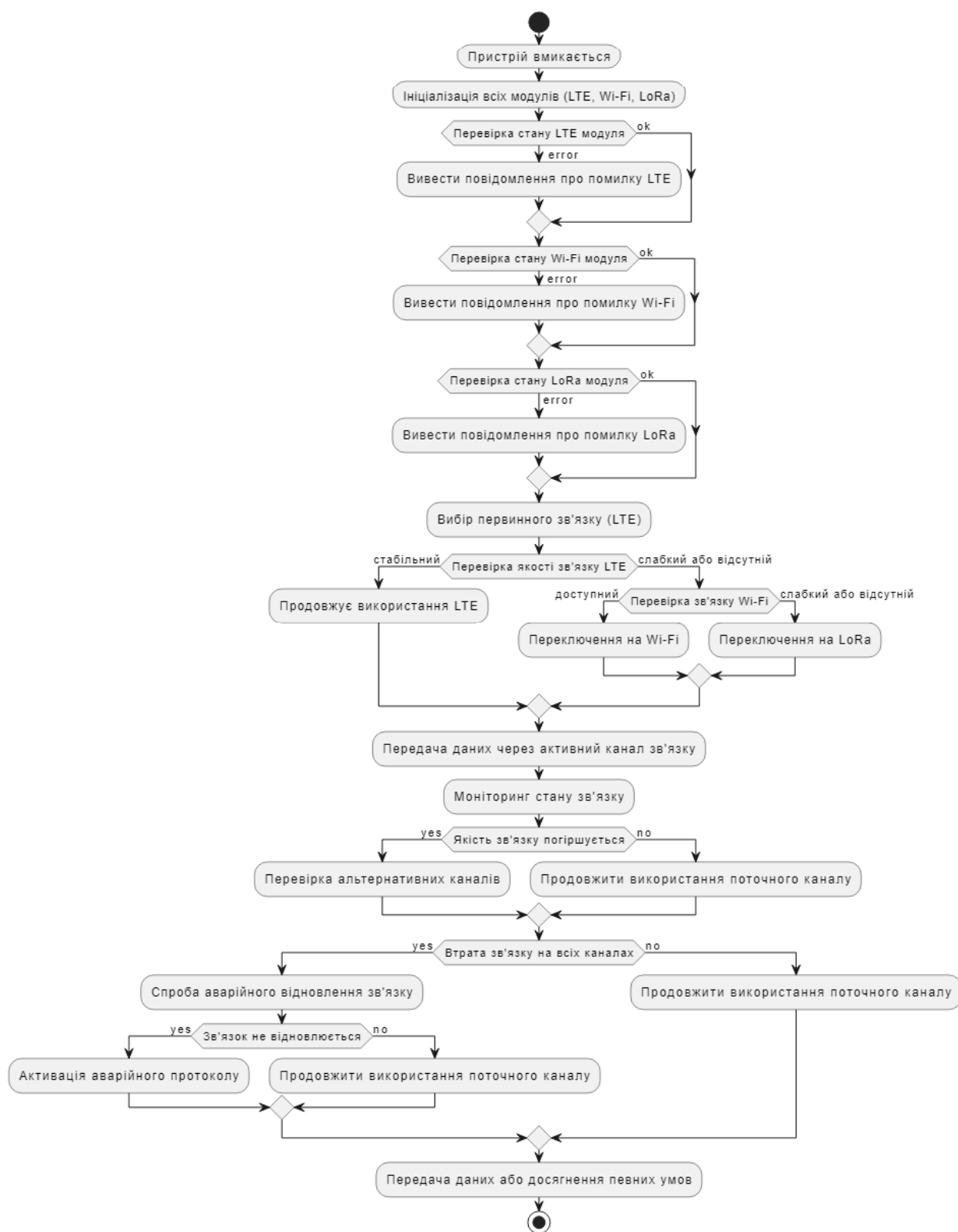


Рисунок Б.1 – Детальна схема роботи пристрою

ДОДАТОК В

Детальні розрахунки роботи пристрою

Таблиця В.1 – Результати розрахунку віброміцності та інших пов'язаних параметрів плати

№ з/п	Локація ЕЕС (мм)	Коефіцієнт передачі прискорень (η)	Віброміцність (n_{vib})
1	34.000	74.000	1.946
2	34.000	69.000	2.036
3	42.000	74.000	2.034
4	54.000	63.000	2.243
5	75.000	27.000	2.096
6	83.000	27.000	1.908
7	90.000	27.000	1.718
8	90.000	19.000	1.624
9	94.000	19.000	1.508
10	18.000	69.000	1.713
11	19.000	67.000	1.772
12	17.000	62.000	1.799
13	23.000	48.000	2.091
14	18.000	24.000	1.902
15	19.000	76.000	1.610
16	26.000	62.000	2.008
17	39.000	55.000	2.298
18	48.000	24.000	2.341
19	54.000	47.000	2.411
20	50.000	72.000	2.100
21	61.000	74.000	2.007
22	77.000	55.000	2.033

Таблиця В.2 – Відносні деформації для кожного електронного елемента системи (ЕЕС)

№ з/п	Значення Z (мм)	Тета по X (рад)	Тета по Y (рад)
1	0.105	0.001438	-0.001858
2	0.104	0.001438	-0.001735
3	0.103	0.000742	-0.001858
4	0.124	-0.000374	-0.001500
5	0.131	-0.000374	-0.001241
6	0.127	-0.000922	-0.001241
7	0.110	-0.002111	0.000933
8	0.091	-0.002569	0.000933
9	0.072	-0.002839	0.000933
10	0.062	-0.002839	0.001403
11	0.051	-0.002932	0.001403
12	0.143	-0.000374	-0.000000
13	0.071	0.002520	-0.001735
14	0.049	0.002932	-0.001453
15	0.077	0.002469	-0.001667
16	0.058	0.002961	-0.000590
17	0.080	0.002569	-0.001453
18	0.109	0.002239	-0.000590
19	0.090	0.002520	0.001123
20	0.061	0.002469	-0.001887
21	0.101	0.002043	-0.001453
22	0.130	0.001011	-0.001061
23	0.134	0.000187	0.001123
24	0.141	-0.000374	-0.000519

Таблиця В.3 – Коефіцієнти передачі прискорень та перевантаження ЕЕС

№ з/п	X (мм)	Y (мм)	Ета (Eta)	Nud
1	34.000	74.000	2.162	2.162
2	34.000	69.000	2.272	2.272
3	42.000	74.000	2.269	2.269
4	54.000	63.000	2.527	2.527
5	54.000	58.000	2.612	2.612
6	60.000	58.000	2.564	2.564
7	75.000	27.000	2.346	2.346
8	83.000	27.000	2.115	2.115
9	90.000	27.000	1.882	1.882
10	90.000	19.000	1.766	1.766
11	94.000	19.000	1.624	1.624
12	54.000	40.000	2.755	2.755
13	18.000	69.000	1.875	1.875
14	6.000	62.000	1.607	1.607
15	19.000	67.000	1.948	1.948
16	4.000	48.000	1.714	1.714
17	17.000	62.000	1.982	1.982
18	23.000	48.000	2.340	2.340
19	18.000	24.000	2.108	2.108
20	19.000	76.000	1.749	1.749
21	26.000	62.000	2.238	2.238
22	39.000	55.000	2.594	2.594
23	48.000	24.000	2.648	2.648
24	54.000	47.000	2.732	2.732

Таблиця В.4 – Відносні деформації ЕЕС

№ з/п	z, мм	tet(x), рад	tet(y), рад
1	0.116	0.001766	-0.002281
2	0.127	0.001766	-0.002130
3	0.127	0.000911	-0.002281
4	0.153	-0.000459	-0.001842
5	0.161	-0.000459	-0.001523
6	0.156	-0.001133	-0.001523
7	0.135	-0.002592	0.001146
8	0.112	-0.003155	0.001146
9	0.088	-0.003486	0.001146
10	0.077	-0.003486	0.001722
11	0.062	-0.003600	0.001722
12	0.175	-0.000459	-0.000000
13	0.088	0.003095	-0.002130
14	0.061	0.003600	-0.001784
15	0.095	0.003031	-0.002047
16	0.071	0.003636	-0.000725
17	0.098	0.003155	-0.001784
18	0.134	0.002749	-0.000725
19	0.111	0.003095	0.001379
20	0.075	0.003031	-0.002317
21	0.124	0.002509	-0.001784
22	0.159	0.001241	-0.001303
23	0.165	0.000230	0.001379
24	0.173	-0.000459	-0.000637

Таблиця В.5 – Коефіцієнти передачі прискорень та перевантаження ЕЕС (Вібрації)

№ з/п	x, мм	y, мм	eta(x,y)	nvib(x,y)
1	20.000	20.000	1.902	0.304
2	20.000	60.000	1.902	0.304
3	50.000	40.000	2.436	0.390
4	80.000	60.000	1.902	0.304
5	80.000	20.000	1.902	0.304

Таблиця В.6 – Відносні деформації ЕЕС (Вібрації)

№ з/п	z, мм	tet(x), рад	tet(y), рад
1	0.090	0.002415	0.001351
2	0.090	0.002415	-0.001351
3	0.144	0.000000	0.000000
4	0.090	-0.002415	-0.001351
5	0.090	-0.002415	0.001351

Таблиця В.7 – Коефіцієнти передачі прискорень та перевантаження ЕЕС (Удари)

№ з/п	x, мм	y, мм	eta(x,y)	nud(x,y)
1	20.000	20.000	2.108	2.108
2	20.000	60.000	2.108	2.108
3	50.000	40.000	2.764	2.764
4	80.000	60.000	2.108	2.108
5	80.000	20.000	2.108	2.108

Таблиця В.8 – Відносні деформації ЕЕС (Удари)

№ з/п	z, мм	tet(x), рад	tet(y), рад
1	0.111	0.002965	0.001659
2	0.111	0.002965	-0.001659

Продовження таблиці В.8

№ з/п	z, мм	tet(x), рад	tet(y), рад
3	0.176	0.000000	0.000000
4	0.111	-0.002965	-0.001659
5	0.111	-0.002965	0.001659