

ВИКОРИСТАННЯ ОРТОГОНАЛЬНО-ПОЛЯРИЗОВАНИХ ШУМОПОДІБНИХ РАДІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ПРИДУШЕННЯ СИГНАЛІВ УПРАВЛІННЯ ТА НАВІГАЦІЇ БПЛА

Білик О.С., Мартинчук О.О.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Мартинчук О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІКІ,
м. Харків, Україна

e-mail: oleksandr.bilyk@nure.ua

This report presents a detailed analysis of using orthogonally-polarized noise-like radio signals for effectively jamming the radio-frequency signals that control Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). These signals, characterized by a broad frequency spectrum, are difficult to detect and suppress. Orthogonal polarization allows targeted impact on UAV receiving antennas regardless of their orientation, disrupting UAV-operator communication, stabilization, satellite links, and video data transmission. The report discusses the adaptability of Electronic Warfare (EW) systems to different UAV types and control methods, highlighting the use of Software Defined Radio (SDR) technology.

Ортогонально-поляризовані шумоподібні радіосигнали можуть бути використані для створення специфічних перешкод, які змушують БПЛА втратити зв'язок з оператором, вплинути на стабілізацію БПЛА, зв'язок зі супутниками та передачу відеоданих. Шумоподібні сигнали характеризуються широким спектром частот, що ускладнює їх виявлення та придушення. Використання ортогональної поляризації дозволяє цілеспрямовано впливати на приймальні антени БПЛА, незалежно від їхньої орієнтації.

Системи РЕБ повинні бути гнучкими, щоб адаптуватися до різних типів БПЛА та їхніх методів управління. Для даних цілей може бути використана технологія Software Definition Radio (SDR), дані отримані попередньо під час виявлення БПЛА, програмне забезпечення, яке може генерувати необхідні сигнали-завади на основі виявлених даних та набір антен відповідно до діапазону використовуваних частот та різних типів поляризації.

У випадку використанні ортогонально-поляризованих шумоподібних радіосигналів існують певні виклики:

- точність націлювання: необхідно точно націлювати сигнали на БПЛА, що може бути складно при їх високій мобільності;
- побічний вплив на власні системи зв'язку та БПЛА. У випадку використання направлених антен та резервних засобів зв'язку - мінімізується вплив на власні засоби;
- для великої потужності випромінювання потребуються більш складні та дороговартісні пристрої, потужні та ємнісні джерела живлення.

В той же час розвиток технологій РЕБ в контексті ортогонально-поляризованих шумоподібних радіосигналів, відкриває нові можливості для захисту від БПЛА:

- комбінація з іншими засобами РЕБ та протиповітряною обороною;
- вдосконалення алгоритмів для більш точного виявлення та придушення сигналів БПЛА.

Ортогонально-поляризовані шумоподібні радіосигнали є одним із методів радіоелектронної боротьби та виявлення. Для зрозумілості переваг та недоліків цього методу, корисно порівняти його з іншими підходами.

Через ортогональну поляризацію, ці сигнали ефективніше взаємодіють з різними типами приймачів, забезпечуючи більш ефективне придушення сигналів управління БПЛА.

Шумоподібні сигнали з широким спектром ускладнюють їх виявлення та придушення ворожими системами. Ортогонально-поляризовані сигнали можна адаптувати під різні сценарії, забезпечуючи більшу універсальність у використанні. Також дані сигнали можуть бути налаштовані таким чином, щоб мінімізувати вплив на неворожі комунікаційні системи.

До недоліків ортогонально-поляризованих шумоподібних сигналів слід віднести складну реалізацію засобів РЕБ з даними сигналами, необхідність високотехнологічного обладнання та спеціалізованих знань. Розробка та втілення ортогонально-поляризованих систем може бути коштовнішою порівняно з традиційними методами РЕБ.

Таким чином, використання ортогональної поляризації та шумоподібних радіосигналів забезпечує значні переваги у радіоелектронній боротьбі, включаючи покращене придушення сигналів, складність для виявлення противником та гнучкість застосування. В той же час використання таких систем супроводжується технічними та оперативними викликами, включаючи необхідність високотехнологічного обладнання, високу вартість імплементації, а також потенційний вплив на цивільні комунікаційні системи. Нижче наведено приклад простої програми на мові Python, яка може використовуватись для генерування шумоподібних сигналів за допомогою SDR HackRF:

```
from gnuradio import analog, blocks, gr, osmosdr
import time
class NoiseSignalGenerator(gr.top_block):
    def __init__(self, sample_rate=1e6, frequency=2.4e9, gain=10):
        gr.top_block.__init__(self, "Noise Signal Generator")
        # Parameters
        self.sample_rate = sample_rate
        self.frequency = frequency
        self.gain = gain
        # Blocks
        self.sdr_sink = osmosdr.sink(args="hackrf=0")
        self.noise_source = analog.noise_source_c(analog.GR_GAUSSIAN,
amplitude=1.0)
```

```

self.throttle = blocks.throttle(gr.sizeof_gr_complex, self.sample_rate, True)
# Set SDR parameters
self.sdr_sink.set_sample_rate(self.sample_rate)
self.sdr_sink.set_center_freq(self.frequency)
self.sdr_sink.set_gain(self.gain)
# Connect blocks
self.connect(self.noise_source, self.throttle, self.sdr_sink)
def start(self):
    gr.top_block.start(self)
    print(f"Generating noise-like signal at {self.frequency} Hz with gain {self.gain}")
def stop(self):
    gr.top_block.stop(self)
    gr.top_block.wait(self)
    print("Stopped noise signal generation")
# Parameters for the noise signal
SAMPLE_RATE = 1e6 # 1 MHz
FREQUENCY = 2.4e9 # 2.4 GHz, common for WiFi signals/pilot channels
GAIN = 10 # Gain for the transmission
# Create a noise signal generator and start it
generator = NoiseSignalGenerator(sample_rate=SAMPLE_RATE,
frequency=FREQUENCY, gain=GAIN)
generator.start()
# Run the generator for a specified time
RUN_TIME = 10 # seconds
time.sleep(RUN_TIME)
# Stop the generator
generator.stop()

```

Список використаних джерел:

1. Martynchuk A. Research the efficiency and feasibility of circular polarization in the tropospheric radio link / Valery Loshakov, Alexander Martynchuk, Alex Nazmutdinov, Alex Skorohod, Abdenour Drif // 2016 Third International Scientific-Practical Conference "Problems of Infocommunications. Science and Technology". PIC S&T 2016. – Харьков: ХНУРЭ, 2016, с. 99-102
2. Білик О.С., ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ SDR В МЕТОДАХ ПАСИВНОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ ТА РАДІОРОЗВІДКИ // 27-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». Зб. Матеріалів форуму. Т.4. – Харків: ХНУРЕ. 2023. – С. 37-38.
3. Білик О. С. Огляд методів виявлення БПЛА з використанням ортогонально-поляризованих шумоподібних радіосигналів та технології SDR / О. С. Білик, О. О. Мартинчук // Інформаційно-комунікаційні технології та кібербезпека (ІКТК-2023) : матеріали дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції, 7 грудня 2023 р. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – С. 52-56.