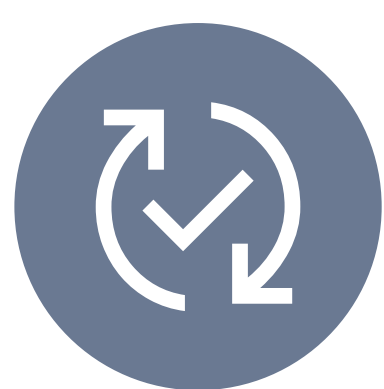
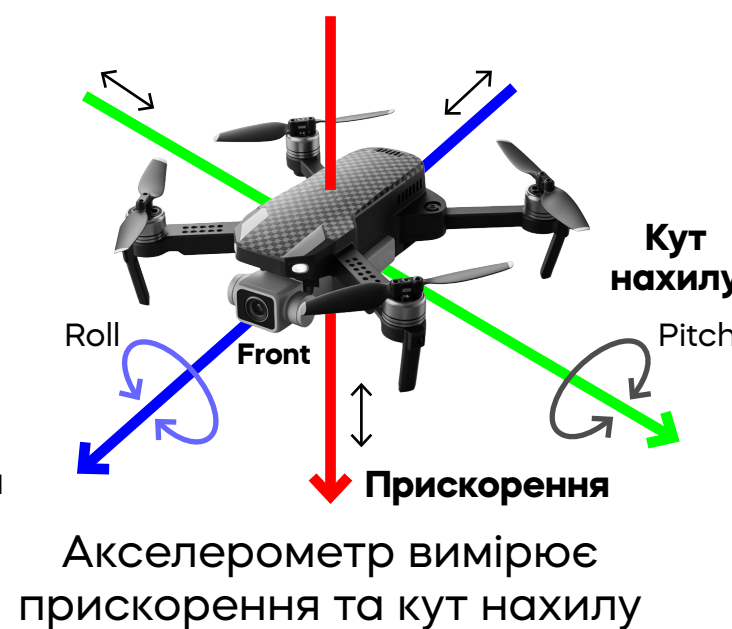




1 Сенсори дрона

Гіроскоп (Gyro)

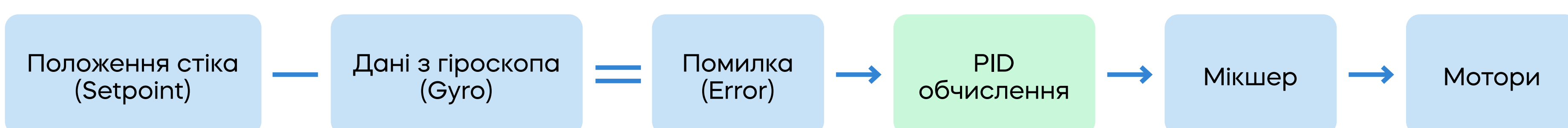
- Вимірює **швидкість обертання** в градусах за секунду по кожній вісі.
- Це головний сенсор для **Acro** режиму.



Акселерометр (Accel)

- Вимірює **прискорення та кут нахилу** відносно рівня, збереженого під час калібрування (умовний "горизонт").
- Використовується в режимах Angle/Horizon

2 Логіка ПІД-циклу (PID Loop)



Принцип

ПІД-цикл повторюється тисячі разів на секунду (Looptime 4kHz або 8kHz).

В Acro режимі будь-яке положення стіка (Setpoint) — це команда швидкості обертання в градусах в секунду.

Стіки задають ціль, гіроскоп показує фактичну швидкість обертання дрона, а ПІД регулятор перетворює рухи стіками на точні та передбачувані маневри дрона.

Приклад 1: Маневр

- Пілот відхиляє стік у положення 300°/сек (Setpoint).
- Гіроскоп (Gyro) показує 0°/сек.
- Помилка Error = Setpoint - Gyro = 300

→ ПІД різко розкручує мотори.

Приклад 2: Утримання положення

- Стік у центрі Setpoint = 0°/сек (пілот хоче зберегти нахил).
- Вітер штовхнув дрон, гіроскоп (Gyro) показав 5°/сек.
- Помилка (Error) = Setpoint - Gyro = -5

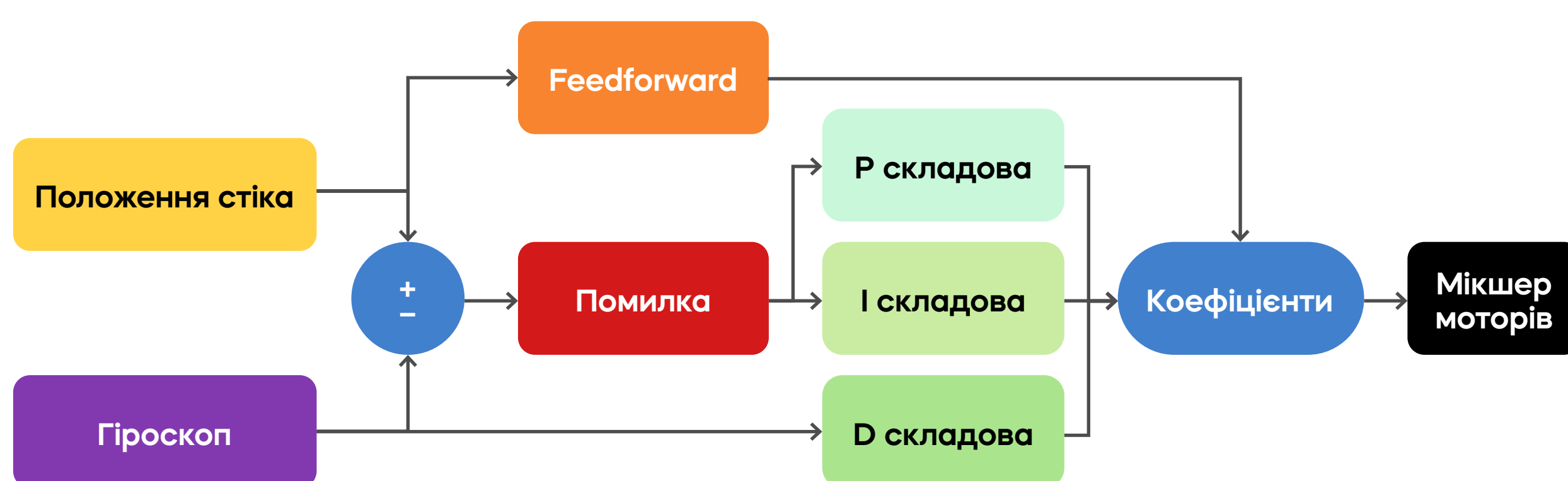
→ ПІД бореться, щоб зупинити небажане обертання.

3 Схема роботи PID-F регулятора

PID регулятор порівнює задане пілотом положення стіка (Setpoint) із даними з гіроскопа (Gyro) і вираховує помилку (Error).

Далі він обчислює керуючий сигнал для мікшера моторів на основі трьох складових: Пропорційної (P), Інтегральної (I) та Диференційної (D), та додаткового параметра Feedforward.

При цьому враховуються коефіцієнти для кожної складової (Gains), які налаштовуються у софті (Betaflight, Ardupilot тощо).



4 Осі та Газ (Throttle)

3 окремі ПІД-регулятори

Важливо розуміти, що налаштування індивідуальні для кожної осі.

Коефіцієнти для складових ПІД-регулятора (Gains) налаштовуються окремо для осей Тангажу/Pitch, Крену/Roll, Рискання/Yaw.

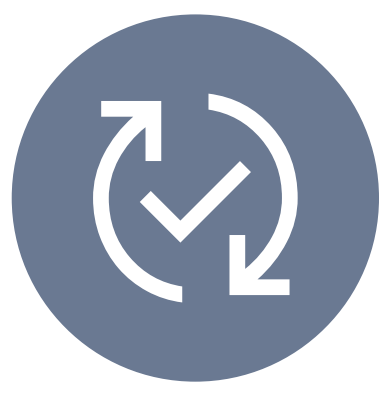
- Roll/Pitch: Зазвичай мають схожі значення.
- Yaw: Відрізняється. Йому майже не потрібен D-term, але треба більше P та I, бо дрон крутиться повільніше і важче по цій осі.

А де ПІД газу (Throttle)?

У газу немає свого ПІД-циклу! Газ — це "базовий рівень" потужності для всіх 4 моторів.

ПІД-контролер лише додає або віднімає оберти від цього базового рівня, щоб виконати маневр.

Примітка: Існують функції TPA (Throttle PID Attenuation) та Anti-Gravity, які змінюють ПІД коефіцієнти залежно від положення газу, але це допоміжні механізми.



Р-складова

Пропорційна, Proportional, P-term
"Теперішнє" — Сила реакції

- Основна сила, що штовхає дрон до цілі.
- Реагує на поточне значення помилки.

Формула:

$$P\text{-term} = \text{Error} \times P\text{-Gain}$$

(де Error = Setpoint - Gyro; P-Gain — коефіцієнт Р-складової, заданий в налаштуваннях дрона)

Приклад:

Пілот задає стіком Setpoint = 100°/сек, гіроскоп показує швидкість обертання Gyro = 50°/сек.

Error (Помилка) = Setpoint - Gyro = 50°/сек (треба швидше).

P_Gain = 0.5

→ P-term = 25 (команда моторам).

Аналогія з водою: Ви хочете набрати ванну 40°. Р — це те, як сильно ви відкриваєте гарячий кран. Щоб нагріти швидше, ви відкриваєте окріп на повну (High Gain, високий коефіцієнт P-Gain), але легко можете перегріти воду.

D-складова

Діференційна, Derivative, D-term
"Майбутнє" — Амортизація/Гальма

- Діє як демпфер для Р-складової, передбачаючи майбутню помилку і зменшуючи перельоти (overshoots).
- Реагує на величину зміни даних гіроскопа (у Betaflight, Inav) або помилку (в Ardupilot) в кожному циклі.

Формула:

$$D\text{-term} = -(\text{Gyro} - \text{Last_Gyro}) \times D\text{-Gain}$$

(де D_Gain — коефіцієнт D-складової, заданий в налаштуваннях дрона)

Приклад:

Різкий удар вітру або турбулентність (пропвош).

Гіроскоп показує миттєвий стрибок.

D-term втручається, щоб погасити цей "удар".

- Мало D: Перельоти (overshoot), "баунси" після фліпів.
- Багато D: Гарячі мотори! Шум підсилюється як "різка зміна"

Аналогія з водою: Вода нагрівається надто швидко і ось-ось стане гарячою (Overshoot). D — це коли ви завбачливо прикручуєте кран ще до того, як температура досягне 40°, щоб зупинитися вчасно.

I-складова

Інтегральна, Integral, I-term
"Минуле" — Утримання

- Накопичує помилку у минулому з часом.
- Виправляє дрібні, але постійні відхилення, що виникають через тривалу дію зовнішніх сил.

Формула:

$$I\text{-Term} = I\text{-Term_Prev} + (\text{Error} \times I\text{-Gain} \times dt)$$

(де dt — це час одного циклу, напр. 0.000125 сек

I_Gain — коефіцієнт I-складової, заданий в налаштуваннях дрона)

Приклад:

Постійний боковий вітер або зміщений центр ваги.

Помилка мала, але не зникає.

I-term росте, поки не компенсує цей тиск.

Аналогія з водою: Хтось відкрив вікно і протяг охолоджує ванну (зовнішня помилка). I — це додатковий поворот крана для підвищення температури, щоб компенсувати це охолодження і тримати рівно 40°.

F - Feedforward

"Інтуїція" — Передбачення

- Не має циклу зворотного зв'язку. Додає потужність миттєво при русі стіка, ігноруючи гіроскоп і зменшуючи затримку (латентність).
- Критично для гонок, не суттєво для великих дронів з вагою.

Формула:

$$F = (\text{Setpoint} - \text{Last_Setpoint}) \times F\text{-Gain}$$

(де F_Gain — коефіцієнт F, заданий в налаштуваннях дрона)

Приклад:

Ви різко смикнули стік^ Setpoint 0 → 400.

Stick_Delta = 400.

F_Gain = 0.1

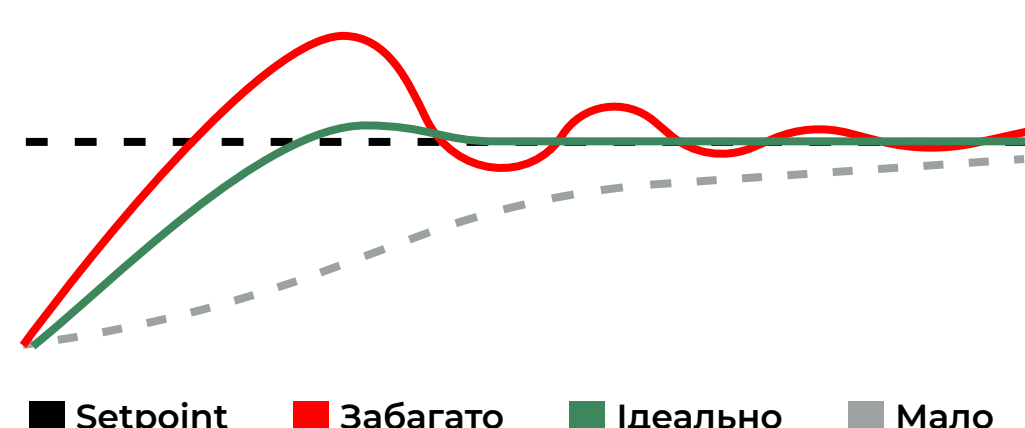
→ F = 40.

Мотори отримують "пінок" миттєво.

Аналогія з водою: Ви знаєте, що для 40° ручка крана має бути в певному положенні. Ви одразу ставите її туди, не чекаючи, поки спробуєте воду рукою.

Примітка: Класичні математичні формули D та I складових PID регулятора виглядають інакше. Тут наведені формули, які використовуються в Betaflight.

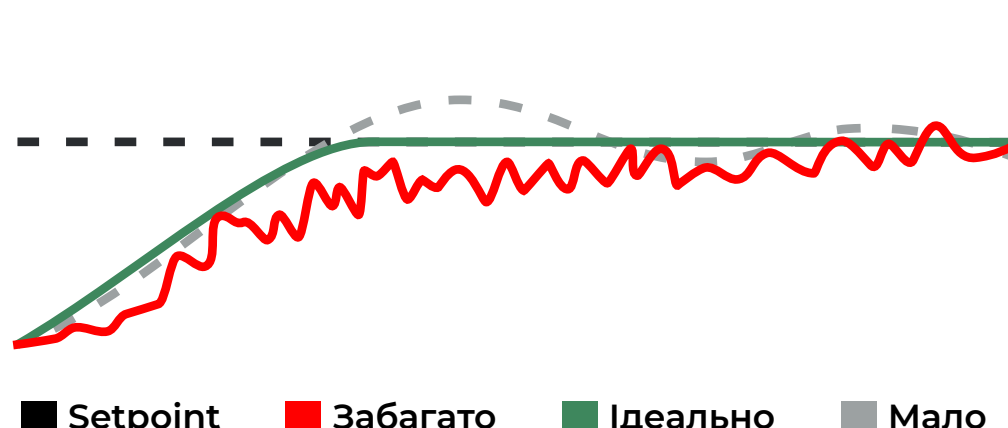
Коефіцієнт P / P-Gain



Мало P: Дрон "млявий", погано тримає траєкторію.

Багато P: Дрон різкий, з'являються високочастотні осциляції (тряска).

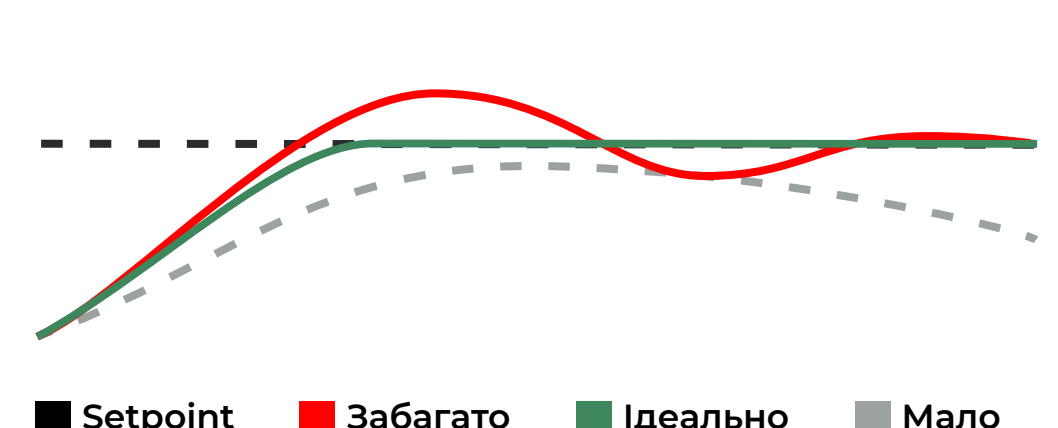
Коефіцієнт D / D-Gain



Мало D: Перельоти (overshoot), "баунси" після фліпів.

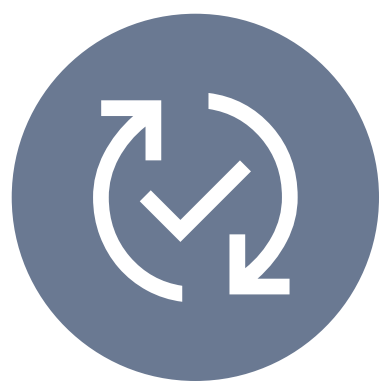
Багато D: Гарячі мотори! Шум підсилюється як "різка зміна".

Коефіцієнт I / I-Gain



Мало I: Дрейф (Drift), дрон не тримає кут.

Багато I: Відчуття "роботизованості", повільні коливання.



ТЮНІНГ FPV ДРОНА

Алгоритм і збір даних



ФУНДАМЕНТ: Механіка понад усе!

PID та фільтри — це математика. Вони безсилі проти фізичних дефектів.

Перш ніж чіпати налаштування, переконайтесь, що дрон зібраний ідеально. Жоден софт не виправить гвинт, що деренчить.

Жорсткість рами

- Промені не повинні люфтити.
- Гвинти рами мають бути затягнуті міцно, із фіксатором різьблення.
- Тріснутий карбон (delamination) = джерело невидимих вібрацій.

Кріплення стеку

- Польотник (FC) має сидіти на силіконових демферах.
- Гайки не повинні бути розкручені (стек хитається), але й не перетягнуті (гумки розчавлені).

Незакріплені деталі

- Вільний кабель, роз'єм або конденсатор, що б'є по гіроскопу під час польоту, створить шум, який неможливо відфільтрувати.

Мотори та пропи

- Чи затягнуті всі 4 гвинти на промені? Ослаблений мотор = вібрація.
- Пропелери: Надщерблений або погнутий проп — це гарантований "шум". Тюнінг роблять тільки на нових пропелерах!
- Вал/дзвін мотора: Якщо дзвін погнутий — це не лікується налаштуваннями.

Blackbox: Підготовка до тестів

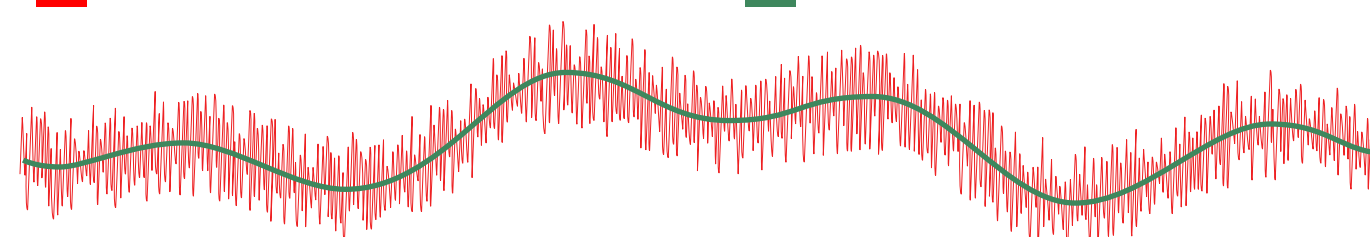
1. Налаштуйте запис логів:

- Вкладка Blackbox у Betaflight.
- Оберіть пристрій: SD Card або Onboard Flash.
- Частота: 2kHz (цього достатньо для 99% випадків). 4kHz, якщо карта швидка.
- Debug Mode: GYRO_SCALED для Betaflight 4.4 і більш ранніх версій (для налаштування фільтрів – показує "сирий" шум до фільтрації).
- Betaflight 4.5 – "сирий" гіроскоп пишеться автоматично як "Unfiltered Gyro"

Чому важливі фільтри?

■ Сирий гіроскоп (шум)

■ Після фільтрів (чистий)



"Волохата" лінія (шум) гріє мотори.

Фільтри роблять її гладкою для PID-контролера

2. Де дивитись:

- Betaflight Blackbox Explorer: Офіційна програма. Показує графіки польоту.
- PIDtoolbox: Професійний інструмент. Аналізує спектр шуму та Step Response.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ (Safety First)

↔ Дистанція

При першому тестовому зльоті після зміни налаштувань відійдіть від дрона мінімум на 5-10 метрів. Не висіть перед обличчям.

⊘ PROPS OFF (Зніми пропи!)

Ніколи не підключайте батарею на столі з одягненими пропелерами, якщо ви змінюєте налаштування PID або перевіряєте мотори.

Випадковий арм або глюк сенсора може призвести до травм.

🚀 Flyaway (Зліт в космос)

Якщо ви переборщили з D-term або P-term, дрон може увійти в самозбудження при зльоті. Він різко дасть повний газ і полетить у небо (або в стелю).

Що робити: **Тримайте палець на тумблері DISARM завжди!** Будьте готові миттєво вимкнути дрон.

🔥 Дим з моторів

Занадто високий D-term змушує мотори змінювати швидкість тисячі разів на секунду. Це генерує шалене тепло.

Якщо мотори нагріються вище ~80°C, лак на обмотках розплавиться, станеться коротке замикання (КЗ), і згорить ESC (регулятор) разом з мотором.

Основні кроки налаштування (Tuning)

0. Перед тестами: Вимкніть Feedforward (FF = 0) на всіх осях, щоб він не приховував недоліки P-term. Встановіть D-Max = D-Term (вимкніть динамічний D). Якщо рама дуже велика, скиньте Master Multiplier (PID) до 0.7-0.8 для початку.

1. Тест політ LOS (візуально)

Мета: Безпека та базовий тест на вібрації.

- Дія:** Злетіть на 1-2 метри і просто висіть протягом 30-60 секунд. Зробіть 1-2 різких (але коротких) підйоми (Punch-out)
- Слухайте:** Звук має бути чистим шурхотінням. Ніякого "тріскоту", "цвірінкання" або пульсації (wu-wu-wu).
- Фінал:** Сядьте і відразу помацайте мотори. Якщо обпікає — у вас серйозна проблема з шумом або завищений D-term.

2. Збір шумів (для фільтрів)

Мета: Побачити, на яких частотах резонують рама та мотори.

- Злетіть і летіть прямо.
- Дуже плавно піднімайте газ від 0% до 100% (протягом ~10 сек).
- Так само плавно опустіть газ.
- Без різких рухів стіками!

3. Налаштування фільтрів

Відкрийте лог і вивчіть спектрограму.

Налаштуйте RPM Filter (має різати діагональні лінії шуму моторів).

Знайдіть резонанс рами (вертикальна жовта/біла смуга). Якщо він низький (напр. 80Hz), налаштуйте Static Notch або змістіть LPF (Low Pass) фільтри гіроскопа/D-term нижче (до 50-60Hz).

Кроки 2-3 треба повторювати до досягнення **мети:** чистий спектр на Filtered Gyro, при найменшій можливій затримці.

4. Тест реакції (для PID)

Мета: Збір даних для налаштування P/I/D.

- 1. Ввімкніть Blackbox.
- 2. Snaps (Ривки): Різко відхиліть стік Roll на частку секунди і різко відпустіть у центр.
Для важких дронів: достатньо мікро-ривка на 15-20% ходу стіка! Не робіть глибоких відхилень, щоб не зірвати синхронізацію моторів (desync). Повторіть 3-4 рази вліво і вправо.
- 3. Зробіть те саме для Pitch (вперед-назад).
- 4. Propwash test: Розженіться, розверніться і "спіймайте" дрон тягою у свій же турбулентний слід. (На великих дронах робіть цей маневр плавно, без різких розворотів на 180°, достатньо просто швидкого спуску).

5. P-D Баланс (Roll / Pitch)

Відкрийте лог і порівняйте графіки Setpoint та Gyro (Step Response).

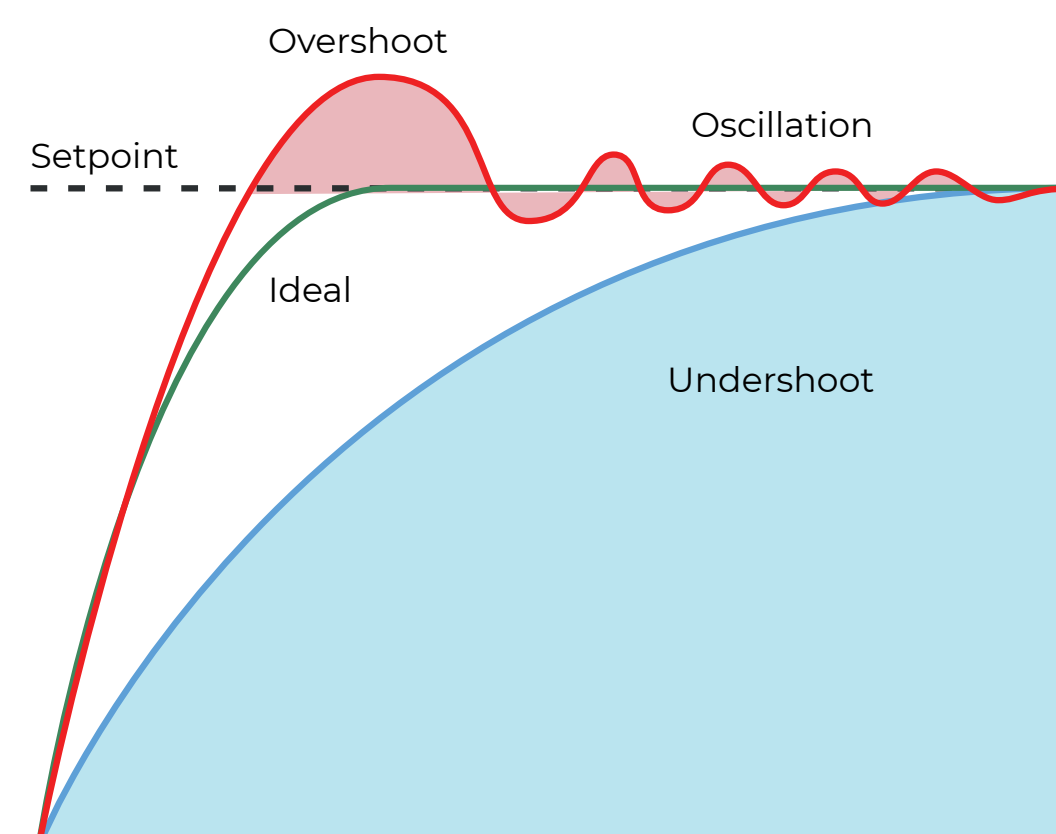
D-term: Якщо після відпускання стіка є відскоки (bounceback) — додавайте D. Якщо мотори гріються або D-term дуже шумний — зупиніться (D занадто великий).

P-term: Якщо лінія Gyro доганяє Setpoint надто повільно (Undershoot) — піднімайте P. Якщо з'являються високочастотні осциляції (Overshoot) — P забагато.

Кроки 4-5 треба повторювати до досягнення оптимального балансу P-D.

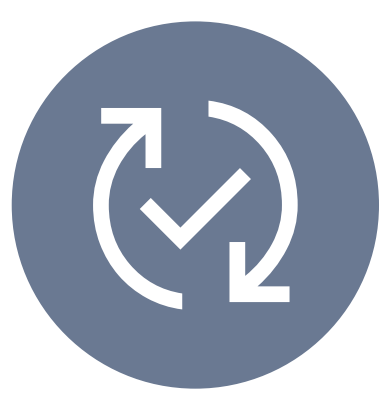
6. I-Term (Дрейф)

Якщо дрон не тримає заданий кут при прямому польоті або його зносить вітром/зміщенням центром ваги (особливо актуально для дронів зі скидом або важкою камерою попереду) — додавайте I-Gain.



7. Feedforward (Завершення)

Коли P та D збалансовані (FF був 0), дрон буде трохи "відставати" від стіка. Тепер піднімайте Feedforward, поки реакція не стане достатньо гострою для ваших потреб (налаштовуйте за відчуттями, "стік-філ").



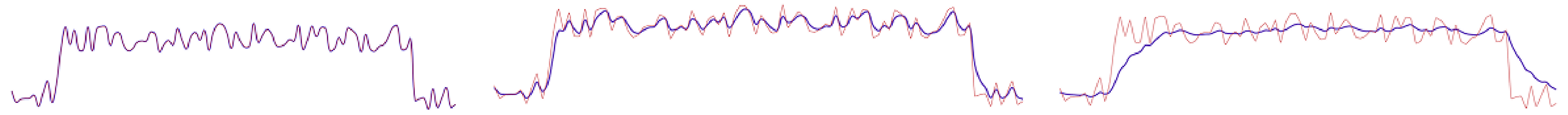
ТЮНІНГ FPV ДРОНА

Фільтрація шумів



Фільтрація шумів

Аналогія: Уявіть, що ви їдете по розбитій дорозі. Ями та каміння — це Шум (вібрації рами, моторів, пропелерів). Ваше завдання — поставити такі амортизатори (Фільтри), щоб пасажир (PID регулятор) не відчував тряски, але при цьому машина не стала "ватною" в керуванні.



Гіроскоп + Шум Після фільтра (Clean)

Більше фільтрації = Чистіший сигнал, але Більша затримка (Latency).

Спектрограма

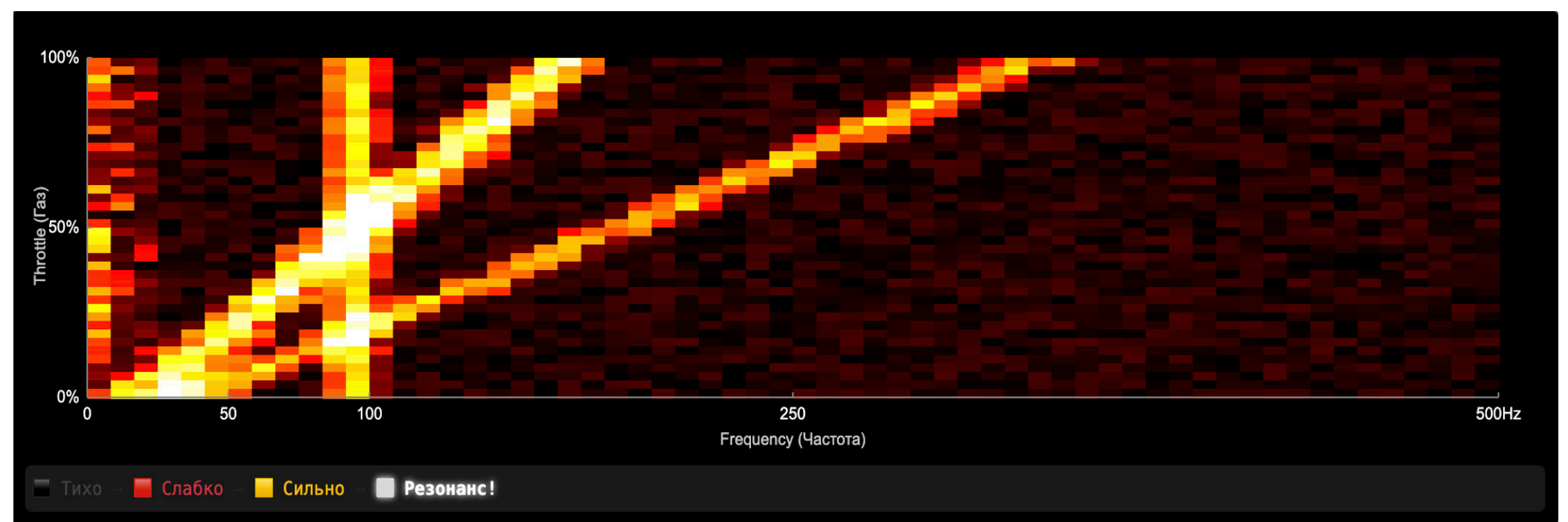
У Blackbox Explorer шум відображається кольором.

Чим "гарячіший" колір, тим сильніша вібрація.

Діагональні лінії: Це шум моторів. Частота росте, коли ви даєте газ. Це наочно пояснює необхідність динамічних фільтрів (RPM/Dynamic Notch), які вміють рухатися слідом за цим шумом.

Вертикальні яскраві смуги (Frame Resonance): Фізичний резонанс карбонової рами. На великих рамах він часто сидить у зоні 70-200Hz (на 5" він зазвичай >300Hz).

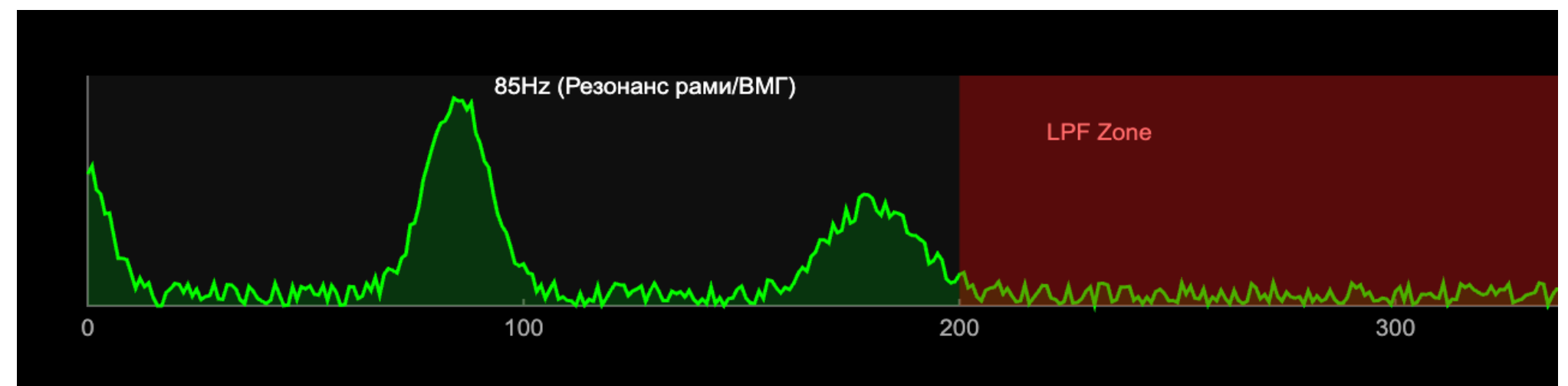
Мета фільтрації: Використати фільтри, щоб "прицільно" стерти ці яскраві лінії (білі/жовті), не чіпаючи корисний сигнал зліва.



Аналізатор Спектра

Якщо спектрограма – це "відео" шуму (історія в часі), то аналізатор спектра – це "фотографія" (моментальний знімок) амплітуди шуму.

Якщо на вашій великій рамі резонансний пік лежить нижче 100Hz (як на графіку вище), вам доведеться опускати Low Pass Filters (LPF) дуже низько (до 50Hz, а іноді й 25Hz).



Частотний спектр шуму (Реалії для 7-10"++)

Різні типи шуму живуть на різних частотах. Важливо розуміти, що фільтрувати, а що ні.

Розмір має значення! Більшість інтернет-гайдів написані для 5" фрістайл дронів.

На великих дронах (7", 10", важкі бомбери) вібрації двигунів та резонанси рами зміщені значно нижче по частоті.

Low

< 15 - 30Hz

Mid

30 - 200Hz

High

> 200Hz

Польотний шум.

Реальні рухи дрона, маневри пілота.

⊖ Не фільтрувати!

Якщо це відфільтрувати, контролер не побачить, що дрон падає, і не встигне зреагувати (величезна затримка).

УВАГА: Якщо тут є сильний шум — це механічна проблема (див. Розділ 0). Фільтрами це не лікується.

Мотори, пропелери, резонанс рами.

Основна проблема великих дронів.

⚠ Вирізати (RPM/Notch)

Частоти зміщені вниз через великі пропи, оптику, БК. Для їх придушення обов'язковий RPM фільтр та динамічний Notch, іноді Low Pass.

Механічне "сміття".

Шум підшипників, резонанс карбону, електричні наводки.

🔨 Давити (Low Pass)

Глушиться Low Pass фільтрами. На важких рамах LPF ставлять значно нижче, ніж на 5".

Золоте правило:

Менше фільтрації = Кращий політ (менше затримки, менше propwash).

АЛЕ: Недостатня фільтрація = Гарячі мотори та згорілий дрон.

Мета тюнінгу — знайти мінімально необхідну фільтрацію для холодних моторів.

Типи фільтрів

1. RPM Filter

ESC повідомляє контролеру точні оберти кожного мотора. Фільтр вирізає шум саме на цій частоті.

Найкращий вибір. Найменша затримка. Вимагає AM32 / Bluejay / BLHeli_32.

2. Dynamic Notch

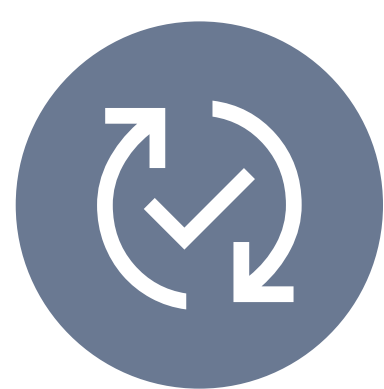
Сканує гіроскоп, знаходить найгучніший пік шуму і ставить туди фільтр.

Працює автоматично. Обов'язковий, якщо немає RPM фільтрації.

3. Static Notch

Фільтрує фіксовану частоту (наприклад, 250Hz). Не рухається.

Застарілий. Використовується тільки якщо є конкретний резонанс рами, який не зникає.



ТЮНІНГ FPV ДРОНА

Фільтрація шумів



Аналіз логів: Що саме порівнювати?

В Blackbox Explorer сотні графіків. Ось що треба увімкнути.

🎯 Головна Пара (Step Response)

Для налаштування всіх PID компонентів (P, I, D, FF) ми завжди порівнюємо:

- Setpoint (Roll)— заданий пілотом рух стіка.
- Gyro (Roll)— показник гіроскопа (фактичний рух дрона).

Мета: Максимально наблизити Gyro до Setpoint.

Реальність: Ідеальний збіг неможливий (фізика).

- Невелике відставання на початку = Норма (інерція).
- Мікро-переліт в кінці = Норма (різка зупинка).

Але якщо відставання чи переліт великі — треба тюнити.

Як дивитись (Масштаб часу):

- P, D, FF: Дивимось на мілісекунди під час "удару" стіком (Snap). Чи встигає лінія? Чи не стрибає?
- I-term: Дивимось на секунди під час рівного польоту або після зупинки. Якщо Gyro повільно "відповідає" від Setpoint (просвіт між лініями) — це робота для I.

🔍 Додаткові Графіки

1. Gyro Scaled vs Gyro (ефективність фільтрів)

В режимі Spectrogram перемикайте джерело:

- Unfiltered Gyro (або Gyro Scaled у Betaflight 4.4 і більш ранніх версіях) — "сирий" гіроскоп, покаже яскраві смуги шуму.
- Gyro (Очищений) — має бути чистим.

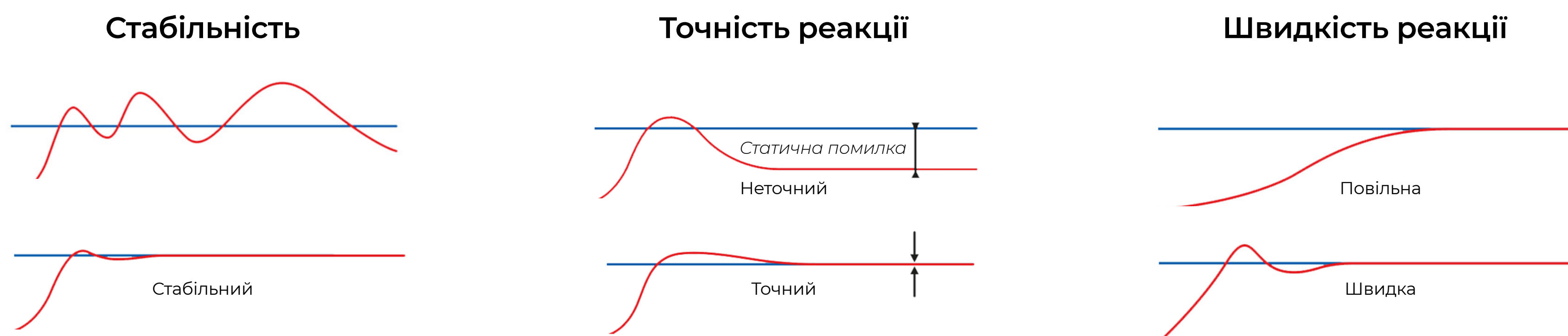
Так ви перевіряєте, чи зник шум після обробки.

2. PID Components (для глибшого аналізу)

Увімкніть P-term, I-term, D-term.

Якщо на графіку D-term суцільний "шум" (товста "волоката" лінія) — у вас перегрів моторів! Зменшуйте D-gain або покращуйте фільтри.

Якості добре налаштованого керування



Додаткові поради

TPA (Throttle PID Attenuation)

Проблема: Дрон летить ідеально при висінні, але починає осцилювати (труситися) при різкому газі ("Full Throttle").

Причина: На високих обертах мотори стають набагато потужнішими, і ті ж самі P/D стають занадто великими.

Рішення: TPA автоматично зменшує PID (зазвичай D і P) після певної точки газу (напр. після 1350).

Rates vs PID

Не плутайте ці два поняття!

Rates (Рейти): Це модифікатор сигналу стіка.

Команда від стіка проходить через криву налаштувань і перетворюється на Setpoint (цільову швидкість у град/сек), який вже йде в PID.

- Max Rate: Задає стелю швидкості (напр. 600°/сек).
- Ехро: Робить керування плавним у центрі, але різким по краях.

PID: Це "виконавець". Він бере готовий Setpoint і змушує мотори його виконати.

Хочете змінити відчуття від керування? Крутіть Rates. Дрон нестабільний? Крутіть PID.

Dynamic Damping (D-Min/Max)

Логіка:

На старті: D-Max = D-Term. (Статичний D).

Після тюнінгу: Можна зробити D-Term меншим (щоб мотори були холодні у спокої), а D-Max вищим (щоб гасити різкі удари).

Не чіпайте це, доки не отримаєте гарний базовий P-D баланс! якщо є конкретний резонанс рами, який не зникає.

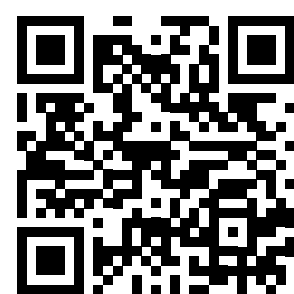
Детальний алгоритм налаштування



Перекладачі Victory Drones зробили переклади величезної кількості статей Оскара Лянга по FPV-тематиці з дозволу автора.

Про налаштування фільтрів та PID регулятора читайте тут українською.

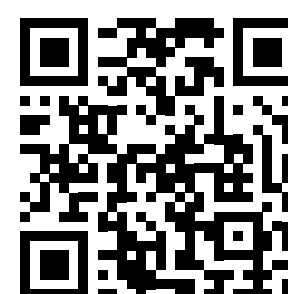
Корисні матеріали



FPV PID Explained - Oscar Ling



Betaflight 4.5 PID Tuning



UAV Tech Youtube канал



PID Tuning Guide betaflight.com

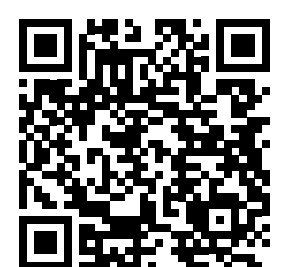


PID Tuning Principles UAV Tech Youtube

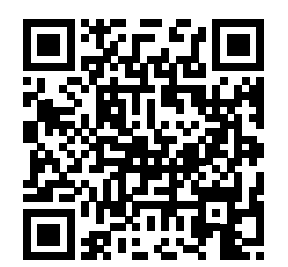
Україномовні відео



Налаштування PID регулятора FPV - Aves Lab



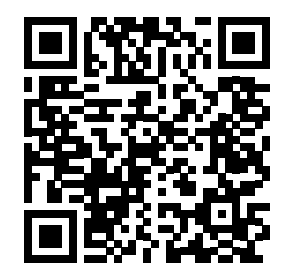
Налаштування PID тюнінг на FPV - @tffyan



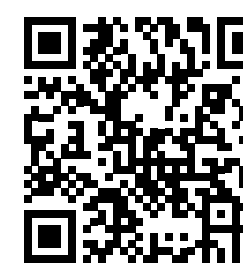
Практичні поради з налаштування PID - Aves Lab



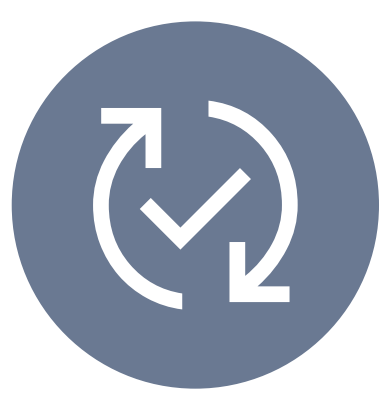
Налаштування фільтрів FPV в Betaflight - SocialDroneUA



Метод PID тюнінгу від Кріса Росера - @JoshuaBardwellUA



Betaflight Blackbox Explorer - Aves Lab



ТЮНІНГ FPV ДРОНА

Словник проблем налаштування PID регулятора



Reality Check: Ідеального PID не існує.

Легкі осциляції при різкому розвороті або сильному вітрі — це нормально.

Головне — щоб мотори не перегрівалися і дрон був керованим. Не намагайтеся досягти "пласкої лінії" ціною перегріву.

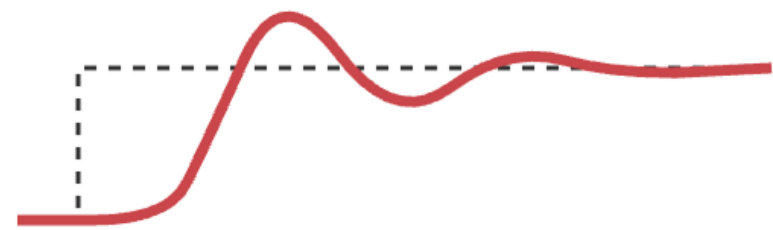
■ GYRO ■ Setpoint

Overshoot (Перельот)

Roll, Pitch

Поведінка:

Після різкого маневру (фліп) дрон "пролітає" точку зупинки, а потім повертається. Причина: На високих обертах мотори стають набагато потужнішими, і ті ж самі P/D стають завеликими.



⚠ Невеликий перельот, який суттєво не впливає на керованість дрона, є допустимим.

Як фіксувати завеликий перельот:

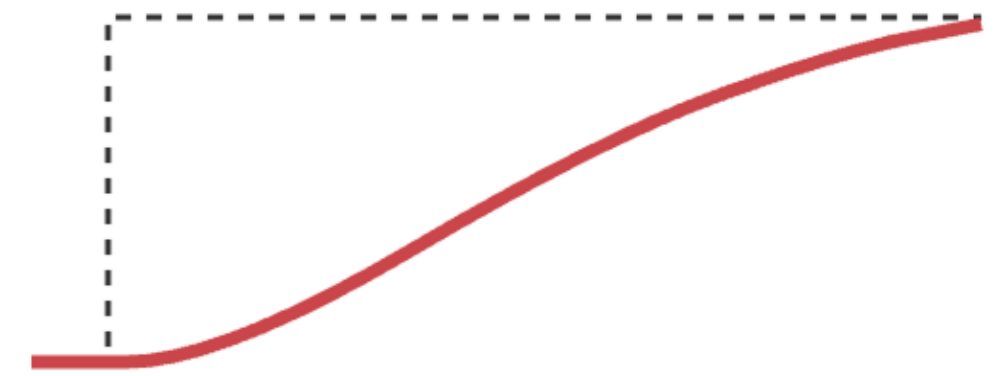
- Додати D-Gain (головне рішення).
- Зменшити P-Gain (якщо D не помагає).
- Зменшити Feedforward (якщо це лише на початку руху).

Undershoot (Недольот)

Всі осі

Поведінка:

Дрон реагує із затримкою, наче "в'язкий". Не доходить до заданого кута швидко.



Як фіксувати:

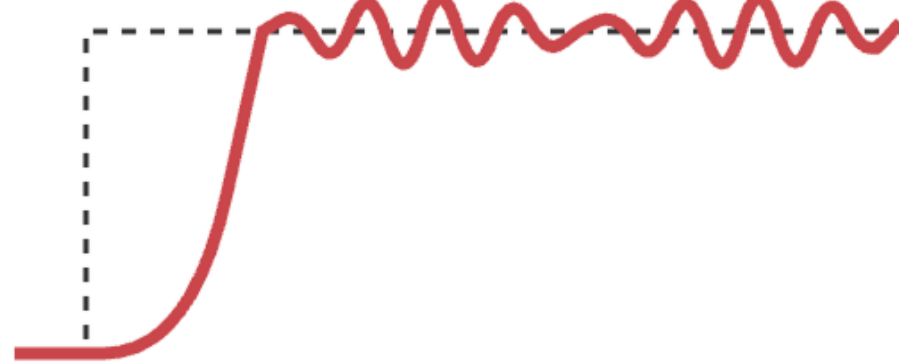
- Додати P-Gain.
- Додати Feedforward (для гостроти).
- Зменшити D-Gain (якщо він завеликий і гальмує дрон).

Oscillations (Осциляції)

Всі осі

Поведінка:

Високочастотна тряска. Чути звук "трррр" від моторів. Відео в окулярах "желейне".



Як фіксувати:

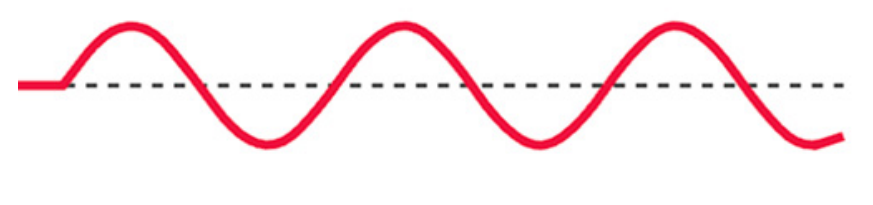
- Зменшити P-Gain.
- Зменшити D-Gain (якщо тряска суха/шумна).
- Перевірити механіку (гвинти, пропелери).
- Додати фільтрації.

Wobble (Хитання)

Всі осі

Поведінка:

Низькочастотне хитання (1-3 Гц). Дрон наче п'яний або човен на хвилях. Горизонт "гуляє".



Як фіксувати:

- Зменшити I-Gain (якщо це повільні ритмічні коливання при рівному польоті).
- Збільшити D-Gain (якщо це тряска при спуску — див. Propwash).
- Збільшити Anti-Gravity (якщо ніс "гуляє" при зміні газу).
- Перевірити механіку (люфти, незакріплена батарея/камера)

Drift (Дрейф)

Всі осі (частіше Yaw)

Поведінка:

Дрон повільно "пливе" в якусь сторону, не тримає заданий кут або горизонт.



Як фіксувати:

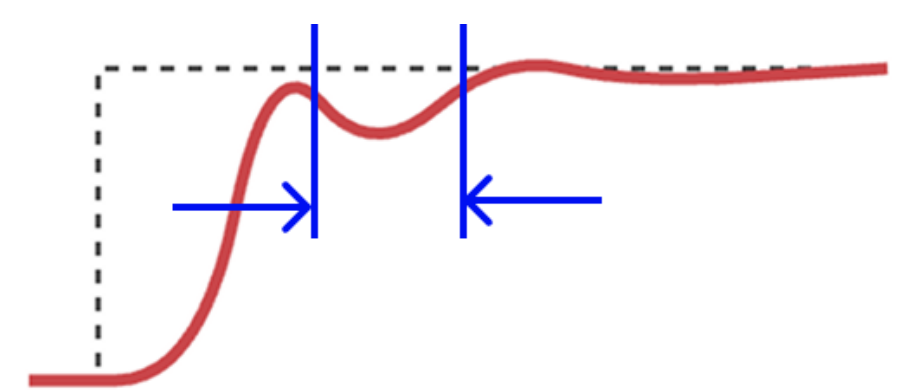
- Збільшити I-Gain (головне рішення).
- В Acro: перевірити механічний баланс / сенсори.
- В Angle: Відкалібрувати акселерометр.

Bounceback (Відскок)

Roll, Pitch

Поведінка:

Дрон зупиняється після фліпу, а потім робить швидкий "кивок" у зворотний бік.



Як фіксувати:

- Додати D-Gain.
- Зменшити P-Gain.
- Зменшити I-term Relax (якщо це налаштування є).

Propwash (Пропвош)

Roll, Pitch

Поведінка:

Тряска середньої частоти, коли дрон падає у власне повітря (після спліт-S або різкого розвороту).

Як фіксувати:

- Додати D-Gain (але стежте за температурою!).
- Збільшити Master Multiplier.
- Налаштувати Dynamic Idle (щоб пропелери краще "чіплялись" на низькому газу).

Nose Dip (Клювання носом)

Тільки Pitch

Поведінка:

При різкому скиданні газу в нуль (chop throttle) ніс дрона на мить "клює" вниз.

Як фіксувати:

- Збільшити Anti-Gravity Gain.
- Збільшити I-Gain (трохи).