**ESC Telemetry Based Harmonic Notch Setup**[**¶**](https://ardupilot.org/copter/docs/common-esc-telem-based-notch.html#esc-telemetry-based-harmonic-notch-setup)

Если используются регуляторы скорости (ESC) с телеметрией (через отдельный телеметрический провод или двунаправленный протокол DShot), то частоту опоры гармонического узкого фильтра можно динамически устанавливать с использованием телеметрии ESC. Параметр частоты опоры гармонического узкого фильтра, INS\_HNTCH\_FREQ и/или INS\_HNTC2\_FREQ, используется для указания минимальной частоты вращения мотора, для которой должна использоваться телеметрия ESC для динамической установки частоты опоры гармонического узкого фильтра. Рекомендуется установить этот параметр ниже частоты холостого хода, но выше частоты фильтрации гироскопа INS\_GYRO\_FILTER.

Установите параметр INS\_HNTCH\_REF и/или INS\_HNTC2\_REF на 1, что отключит масштабирование гармонического узкого фильтра, и установите параметр INS\_HNTCH\_MODE и/или INS\_HNTC2\_MODE на 3, чтобы выбрать телеметрию ESC.

Установите INS\_HNTCH\_MODE и/или INS\_HNTC2\_MODE = 3, чтобы использовать поддержку телеметрии BLHeli ESC для установки частоты гармонического узкого фильтра. Для этого требуется правильная настройка ваших ESC, чтобы поддерживать телеметрию BLHeli через последовательный порт или быть способным к двунаправленному протоколу DShot и использовать автопилот Ardupilot и прошивку, поддерживающую эту функцию.

Установите INS\_HNTCH\_ENABLE и/или INS\_HNTC2\_ENABLE = 1, чтобы включить гармонический узкий фильтр.

Установите INS\_HNTCH\_FREQ и/или INS\_HNTC2\_FREQ = ниже частоты холостого хода - вы можете легко определить это, выполните мягкий холостой полет и посмотрите на данные телеметрии ESC.

Установите INS\_HNTCH\_BW и/или INS\_HNTC2\_BW = половину INS\_HNTCH\_FREQ.

Примечание

Если вы установили динамическую опцию гармонических узких фильтров (т. е. узкий фильтр на каждый мотор), упомянутую ниже, ширина полосы не должна быть половиной частоты. Она должна быть значительно снижена, поскольку большее количество узких фильтров вызывает большее время фазового сдвига (т. е. задержку), поэтому ширина полосы должна быть уменьшена, чтобы сохранить разумное время фазового сдвига, иначе возникнут осцилляции и худшая настройка, несмотря на более точную фильтрацию по сравнению с фильтрацией на основе положения дросселя. Например, с четырьмя моторами, предлагается использовать INS\_HNTCH\_FREQ / 4 в качестве отправной точки. Это потому, что для узких фильтров более широкая полоса частот вызывает больший фазовый сдвиг на каждом узком фильтре. Вы также можете использовать инструмент фильтрации, чтобы проверить фазовый сдвиг для выбранных параметров фильтрации. Если ваш фазовый сдвиг выше, чем был с узким фильтром на основе положения дросселя, то вы можете попробовать еще больше уменьшить ширину полосы, чтобы сбалансировать фазовый сдвиг и количество шума в системе.

## Center Frequency Slewing

Частота обновления частоты гармонического узкого фильтра имеет большое значение для шума в PID-петлях. Более медленные частоты обновления означают, что частота имеет более крупные изменения, которые приводят к так называемому шуму выборки. Более быстрые частоты обновления снижают это и являются основной причиной, почему использование двунаправленного Dshot с телеметрией ESC, сообщающей о частоте оборотов (RPM), приносит пользу системе в целом.

По умолчанию частота обновления составляет 200 Гц, и когда источник информации о частоте медленнее этой скорости - например, при использовании телеметрии ESC, когда максимальная скорость, которую можно поддерживать, составляет около 100 Гц - ArduPilot сглаживает изменения частоты на 200 Гц, чтобы избежать больших шагов. Сглаженная скорость - это скорость, которая отображается телеметрией ESC, хотя сырая скорость также может быть видна в журналах.

На системах с более быстрыми ЦП (автопилоты на основе H7) возможно обновление гармонического узкого фильтра на основной скорости основных петель, используемой для ВТОЛ-самолетов (обычно 300-400 Гц, установленные SCHED\_LOOP\_RATE), установив бит 3 параметров узкого фильтра, т.е.

INS\_HNTCH\_OPTS и/или INS\_HNTC2\_OPTS = 4

Сглаживание обеспечивает плавность изменений на каждом шаге обновления, но для оптимальной производительности системы вы можете использовать ESC двунаправленного Dshot, который может обновлять частоту с частотой 400 Гц, используя вышеуказанный параметр, если это возможно.

## Checking Harmonic Notch Effectiveness

После настройки узких фильтров можно проверить их эффективность, снова измерив частотный спектр выхода фильтров. Обратитесь к странице "Измерение вибрации с помощью партии IMU Sampler" или "Регистрация сырых данных IMU для анализа FFT", чтобы выполнить эту процедуру.

Хотя анализ журнала частоты шума не является абсолютно обязательным перед настройкой узкого фильтра для режима на основе оборотов (RPM), журналирование и анализ, выполненные во время проверочного полета с использованием этого метода, могут быть выполнены для подтверждения устранения шума, если это желательно.

## Dynamic Harmonics

По умолчанию гармонический узкий фильтр на основе ESC будет использовать среднее значение частот отдельных моторов для управления частотой опоры узкого фильтра, это среднее значение затем используется как первый гармонический узкий фильтр, а другие гармонические узкие фильтры добавляются на более высоких частотных кратных первого гармонического фильтра. Также можно настроить гармоники для того, чтобы вместо этого первые гармоники были для каждого мотора. Это дает четыре узких фильтра - по одному для каждого мотора - которые точно отслеживают скорость мотора. В динамическом полете это может обеспечить гораздо лучшее подавление шума.

Для настройки этой опции установите INS\_HNTCH\_OPTS и/или INS\_HNTCH\_OPTS на значение "2".