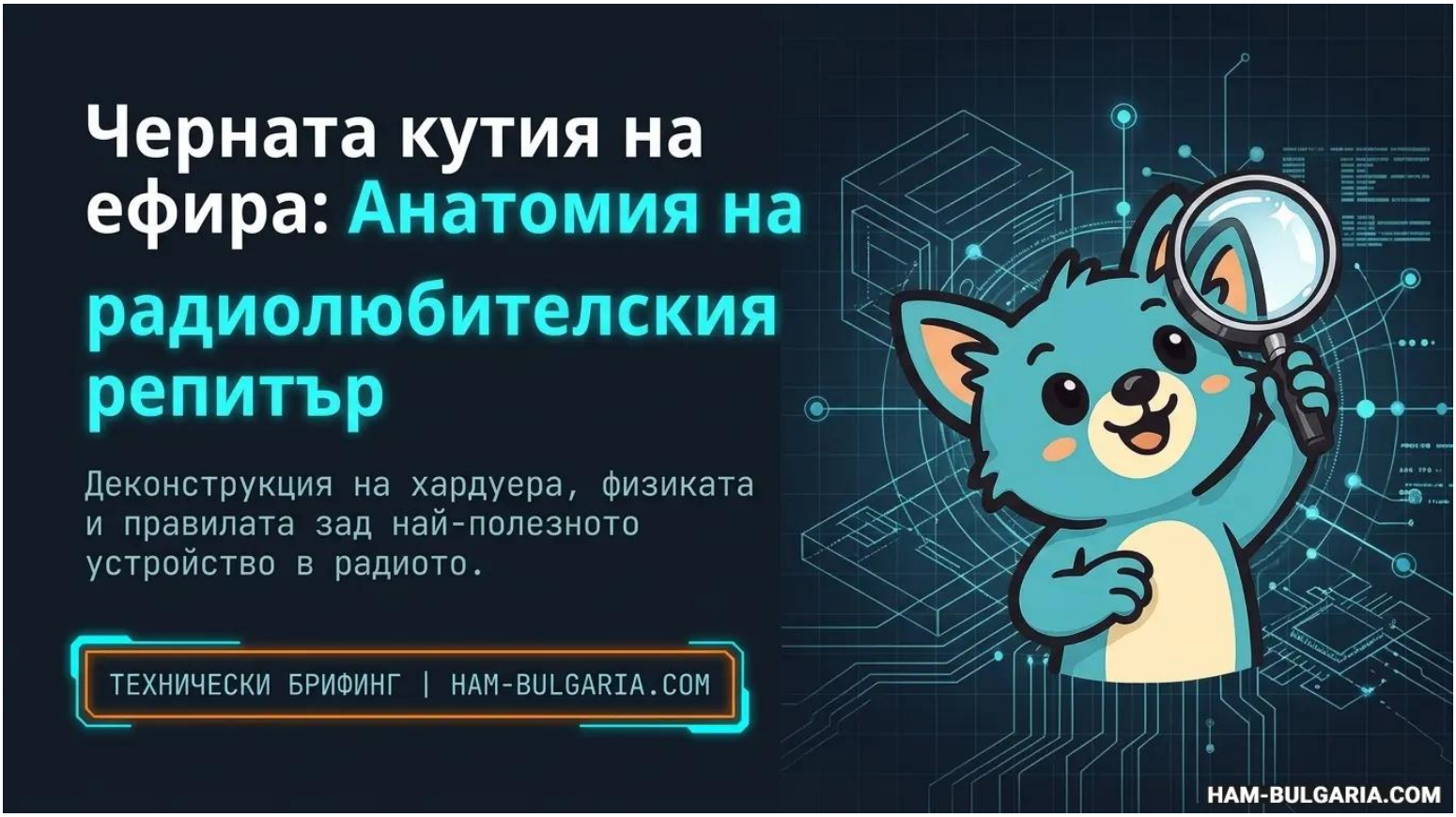

Как работи репитърът - офсет, субтон, дуплексер и реалният му цикъл

Репитърът е едно от най-полезните, но и най-мистериозни устройства в радиолюбителския свят. Почти всеки нов радиолюбител още в първите си дни чува фразата „ще се чуем през репитъра“, но рядко получава ясно обяснение какво всъщност представлява това чудо на техниката. Оттам идват и много митове: че репитърите са суперсложни, че „усилват“ сигнала като някаква магическа антена, че ако те чуват, значи всички те чуват, или че е достатъчно просто да натиснеш PTT и всичко ще проработи само.

Всъщност логиката зад репитъра е напълно разбираема, стига някой да я обясни човешки. Да, има термини като офсет, субтон, дуплексер, линк, гейтвей - и да, те звучат страшно, когато ги чуваш първия път. Но това са само имена на части от една съвсем подредена система: репитърът приема на една честота, обработва сигнала и предава на друга, при ясни правила за достъп и установена ефирна дисциплина.

Какво представлява репитърът отвътре

Репитърът може да изглежда като една обикновена кутия, поставена на някоя кула, но вътре логиката е много ясна и подредена. Основната идея е проста: **устройството трябва да слуша на една честота, а почти едновременно да предава на друга**. Това се нарича дуплексна работа и е причината репитърът да може да „прескача“ разстоянията, като взема слабия ти сигнал и го препредава от висока точка с по-голяма мощност.

За да се случи това, вътре има няколко основни елемента. Първо е **приемникът** - той е настроен на честотата, на която радиостанцията ти изпраща сигнал. Тук няма магия: приемникът просто трябва да бъде достатъчно чувствителен, за да чуе и по-слабите станции. След това има **контролер** - малък „мозък“, който следи кога има носеща, дали има субтон, дали всичко е валидно, и решава кога да включи предавателя. А предавателят е настроен на друга, фиксирана честота - тази, на която репитърът излъчва към всички слушатели.

Един от най-интересните компоненти е **дуплексерът**. Това е филтърна система, която позволява едновременно свързване на приемника и предавателя към една и съща антена, без те да си пречат един друг. Без този компонент, предавателят буквално би заглушил собствения си приемник, защото работи с много по-висока мощност. **Дуплексерът** филтрира така, че приемникът „вижда“ само входящия сигнал на своята честота, а предавателят работи на другата честота без да пречи.

Когато всичко това е свързано, се получава прост, но изключително ефективен ефект: ти говориш на 145.050 MHz, репитърът слуша там, обработва сигнала и го излъчва например на 145.650 MHz. Всички, които слушат на изходната честота, чуват ясно и силно.

Реален пример от практиката: намираш се в ниската част на града, зад сгради, и сигналът ти едва достига няколко километра. Репитърът обаче е разположен на хълм на около 800 метра височина. Дори слабият ти сигнал достига до неговата антена. Когато той го препредаде, получателят реално чува мощния и добре позициониран предавател, а не твоята малка портативна радиостанция. Това е цялата логика - чиста геометрия и електроника.

Какво представлява Офсета (offset)

Офсетът е разликата между честотата, на която ти излъчваш към репитъра, и честотата, на която той излъчва обратно към всички слушатели. Причината за офсета е абсолютно практична: репитърът трябва едновременно да слуша и да говори. Ако и двете честоти бяха една и съща, мощният му предавател веднага би удавил собствения си приемник и той нямаше да може да чуе никого. Това е основната логика: приемането и предаването трябва да са достатъчно далеч едно от друго, за да може дуплексерът да ги филтрира.

Разликата в честотите е стандартизирана според диапазона. В **VHF** най-често се използва офсет от **плюс/минус 600 kHz**, а в **UHF** - офсет от **плюс/минус 7.6 MHz**. Тези стойности не са произволни. Избрани са така, че да позволяват изграждането на дуплексери с добра изолация и разумни физически размери. Ако офсетът беше твърде малък, филтрите трябваше да са огромни или супер сложни. Ако беше твърде голям, контролът върху спектъра щеше да е по-труден, а радиостанциите - по-скъпи и сложни.

Когато един нов радиолюбител настройва станцията си, всичко, което трябва да направи, е да въведе изходната честота на репитъра и правилния офсет. Радиостанцията автоматично ще сметне входната честота. Например, ако репитърът излъчва на 145.650 MHz и има минус 600 kHz офсет, твоята станция ще слуша на 145.650, но ще предава на 145.050 MHz. И така, двата разговора - твоят към репитъра и репитърът към теб - не си пречат.

В реалния свят офсетът е толкова стандартен, че модерните станции имат готови режими - избираш размера на офсета (например 0.6 MHz или 7.6 MHz) и посоката му. Най-честата грешка на начинаещите е обърната посока. Ако репитърът изисква отрицателен офсет **(TX по-ниско от RX)**,

а ти зададеш положителен, станцията ти ще предава на грешна честота и репитърът няма да чуе нищо.

Офсетът накратко се изчислява така:

$$\Delta f = \left| f_{\text{RX}} - f_{\text{TX}} \right|$$

$$f_{\text{TX}} = f_{\text{RX}} \pm \Delta f$$

Един полезен начин да го запомниш: офсетът не е „добавка“, а „разделител“. Той е пространството, което позволява на репитъра да слуша и да говори едновременно, без да се самооглушава. Представи си, че репитърът носи слушалки и микрофон - офсетът е разстоянието между тях, за да не се получи свистяща обратна връзка.

Субтоновете - защо съществуват, за какво служат и защо без тях репитърите щяха да са пълен хаос

Субтонът (**CTCSS** или **DCS**) е нещо като „ключ“, който твоето радио изпраща към репитъра, за да му каже: „Това съм аз, пусни ме да вляза.“
Важно е да разбереш, че субтонът не криптира, не усилва и не променя гласа ти. Той е просто беззвучен (или почти беззвучен) сигнал, добавен към предаването ти, който служи само като

условие за достъп.

Основната причина да съществуват субтоновете е електрическата реалност на ефира. Репитърът е поставен на висока точка и „вижда“ десетки, дори стотици километри около себе си. Там има атмосферни смущения, далечни сигнали, хармоници и моментни шумове, които могат да се появят на входната честота. Ако репитърът реагираше на абсолютно всичко, той би се включвал постоянно - щеше да слушаш само празен шум и пръщене, а не реални хора.

Точно затова се използва субтон. Репитърът казва: „*Ще се включвам само ако на входа има валиден тон.*“ Твоето радио добавя този тон, репитърът го разпознава и включва предавателя си. Ако няма тон - няма включване. Тази логика предотвратява кашата и пази репитъра от безсмислени сработвания.

CTCSS (Continuous Tone-Coded Squelch System) използва постоянен нискочестотен тон - например 67.0 Hz или 123.0 Hz. Тези тонове са под честотния диапазон на човешкия слух или почти невъзприемаеми, но репитърът ги чува.

DCS (Digital Coded Squelch) прави същото, но използва цифров код вместо чист тон. За начинаещите това е напълно достатъчно като разбиране - **CTCSS** е „песенче“, **DCS** е „цифрова парола“.

Важно е да отбележим, че **субтонът не е защита**. Той няма за цел да скрива разговора. Всички могат да слушат репитъра, дори и да не изпращат субтон. Субтонът е само за да кажеш: „*Пусни ме да активирам системата.*“

Реален пример:
Ако в твоя град има репитър на 145.650 MHz с вход на 145.050 MHz и субтон 94.8 Hz, ти ще настроиш станцията си да предава субтон 94.8, и репитърът ще те „разбере“. Ако обаче някой далечен шум или мощна станция на същата честота се чуе без субтон, репитърът ще го игнорира напълно.

Някои репитри, особено националните или тези в по-чиста радиосреда, могат да работят и без задължителен субтон. В такива случаи достъпът е свободен, но това изисква входната честота да бъде достатъчно „тиха“, за да не предизвиква нежелани сработвания.

Много начинаещи правят грешката да мислят, че субтонът е нещо като филтър на изхода - не е. Дори да си настроиш приемника да използва **CTCSS decode**, това само скрива нежелани звуци, но не променя съдържанието на ефира. Просто твоето радио „запушва ушите си“, докато не чуе правилния тон на изхода.

„Опашката“ на репитъра - защо началото ти понякога изчезва

Технически това се нарича **hang time** или **reset delay**, но в практиката всички му казват „**опашка**“.

Опашката на репитъра е краткият звук или пауза, която остава след като някой пусне PTT-то си. Тя служи като индикация, че репитърът е получил сигнала, обработил го е и е приключил предаването си. На практика това е моментът, в който системата затваря цикъла приемане-предаване и е готова да слуша нов вход.

Ето защо е нужно да изчакаш поне една секунда, преди да предадеш отново:

Не че не може физически, а че контролерът е настроен с таймер. Това закъснение не е слабост, а умишлено зададен параметър на контролера. Контролерът трябва да засече, че носещата е изчезнала, да спре предавателя, да нулира таймерите и едва след това да започне да слуша за нов тон и нова носеща. Ако ти натиснеш PTT-то прекалено бързо, има голям шанс репитърът да не разбере, че опитваш да говориш, защото още е в процес на „затваряне“ на предишното предаване.

Това води до два типични ефекта, които всички сме чували:

- началото ти се изяжда - репитърът включва чак след половин дума
- понякога не те отваря изобщо - просто продължава да мълчи

Причината е техническа: контролерът трябва да приключи предишния цикъл (RX → TX → stop), преди да приеме нов вход. Това не е дефект, а абсолютно нормално поведение на всяка дуплексна система.

Точно затова в репитърите има таймер, наречен **reset delay** или **hang time**. Той задава колко дълго репитърът ще „виси“ след края на носещата. Ако при някои репитъри таймерът е 1 секунда, при други може да е 2-3. Когато ти изчакаш след опашката, ти влизаш в синхрон с контролера.

Реален пример:

Ти казваш „за прием“, пускаш PTT-то, чуваш опашката, чакаш една секунда и натискаш отново. В този момент репитърът вече е готов да слуша, засича субтона ти веднага и включва без да изяде и звука от първата ти сричка.table

Има и втори, много важен аспект: добрата ефирна дисциплина. Когато правиш кратка пауза между изреченията, даваш шанс на други участници да се включат. Това се нарича **break** или кратък прозорец за влизане. Ако ти и друг човек говорите и двамата без паузи, репитърът няма как да приеме нов говорещ - ще продължи да препредава този, който държи PTT-то най-дълго. На практика ти „тапиш“ репитъра, макар и без зла умисъл.

В професионалния радиосвят - пожарникари, планински спасители, полиция - това изчакване не е пожелателно, а задължително. Причината е същата: всеки трябва да има шанс да влезе с важна информация.

Обобщено: опашката не е звук за красота, а технически и организационен инструмент. Чуеш ли я - изчакай една секунда, после говори. Така репитърът те чува по-добре, другите те чуват по-добре, и ефирът става много по-цивилизован.

Дуплексерът - инженерното сърце на репитъра

Дуплексерът е системата от филтри, която позволява на репитъра да използва една и съща антена, докато едновременно:

- слуша на входната честота (RX)
- предава на изходната честота (TX)

Без дуплексер репитърът не може да използва една и съща антена за приемане и предаване.

Представи си следното: приемникът на репитъра слуша сигнал с мощност, грубо казано, в порядъка на микровати. В същото време предавателят му излъчва десетки ватове на честота, много близка до тази, която приемникът слуша. Ако ги свържеш директно към една антена, собственото му излъчване би заляло приемника с толкова мощна енергия, че той няма да може да различи абсолютно нищо, дори и най-силния входящ сигнал.

Това би било като да се опитваш да чуеш шепот, докато 50-сантиметров озвучител ти трещи в ухото.

Ето тук влиза дуплексерът.

Дуплексерът е набор от кухи резонаторни филтри **(cavity filters)**, всеки настроен с хирургическа точност. Той прави две ключови неща едновременно:

1. Ограничава предавателя да не влиза в приемника
Филтърът блокира TX честотата по пътя към приемника с изолация често над 80-100 dB. Това е все едно да намалиш звук от 100 W усилвател до нивото на леко жужене.

2. Осигурява път с минимални загуби за RX честотата към приемника и изолира предавателя от нея.
RX сигналът преминава през отделен филтър, който „пуска“ само входната честота и отрязва всичко друго, така че предавателят да не се влияе.

И двете вериги работят заедно, като сплитър, но със стотици пъти по-строги изисквания.

Техническият ефект:

- Репитърът може да приема свръхслаб, далечен сигнал, докато на сантиметри от него работи мощен предавател. Това е инженерното чудо, което прави репитърите толкова ефективни.

В реалния свят:

- VHF дуплексерите са големи метални цилиндри - често по 40-60 см високи.
- UHF са по-малки, защото работят на по-висока честота.
- Настройката им става ръчно с инструменти и е кошмарно прецизна - буквално въртиш милиметър и честотата се измества.

Офсетът не е само заради радиостанциите. Офсетът е нужен основно заради дуплексера. Колкото по-голям е офсетът, толкова по-лесно е да се изгради филтър с добра изолация. Затова **VHF** офсетът е 600 kHz, а **UHF** - 7.6 MHz.

Цикълът на репитъра - от PTT до опашката

Целият цикъл на работа на репитъра започва буквално в момента, в който натиснеш PTT-то. Твоето радио превключва на входната честота на репитъра и започва да излъчва. Заедно с гласа ти то изпраща и субтона - тих, нискочестотен сигнал, който служи като ключ за достъп. На антената на репитъра всичко това пристига като слаб радиовълнов сигнал, понякога буквално на границата на чуто.

Дуплексерът първи „посреща“ този сигнал. Той пропуска само входната честота към приемника и същевременно държи мощния предавател напълно изолиран, за да не залее приемния етап. Приемникът, вече освободен от нежелани честоти и шумове, взима сигнала ти и го подава към контролера. Контролерът проверява дали субтонът е правилен и дали условията за включване са изпълнени. Ако всичко е наред, той активира предавателя.

Предавателят започва да излъчва твоя глас на изходната честота, с по-висока мощност и от много по-високо място, отколкото ти можеш да излъчиш сам. Така всички слушащи на изходната честота чуват теб - но не твоето радио, а мощния и високо разположен предавател на репитъра. Това е логиката, която позволява един репитър да свързва радиолюбители на десетки километри разстояние.

Когато приключиш и пуснеш PTT-то, носещата изчезва и контролерът засича края на предаването. Той държи предавателя включен още кратко време - това е опашката. Тя служи като ясна звукова индикация, че репитърът е приключил цикъла и е готов да слуша следващия говорещ. Ако започнеш да говориш прекалено бързо, докато опашката още не е изтекла, контролерът все още не е готов да започне нов цикъл и може да не те отвори. Затова изчакването една секунда е част от правилната радиолюбителска дисциплина.

Целият този процес - от PTT до опашката - се случва за части от секундата, но зад него стои сложна и добре подредена система от филтри, логика и радиочестотна техника. Когато го разбереш, репитърът вече не изглежда като мистично устройство, а като предвидима и много ефективна машина, базирана на ясни физични принципи.

Именно това разбиране прави радиолюбителя по-добър оператор - знаеш как да говориш през репитър, как да си настроиш станцията, как да не пречиш на ефира и как да използваш максимално добре инфраструктурата, която имаме. А когато си наясно с логиката зад всичко това, започваш да цениш всеки добре настроен репитър - защото зад него стоят часове работа, много инженерна мисъл и огромна полза за цялата общност.

Ако вече сте лицензиран оператор и търсите актуална информация за активните репитри и честоти, можете да я намерите в интерактивна карта от LZ2DMV [ТУК] или в табличен списък [ТУК].

Документ, създаден от **ham-bulgaria.com** · Пълната статия е достъпна на ham-bulgaria.com/tutorials

Забележка: Поради автоматичното генериране на този PDF, част от математическите формули може да не бъдат визуализирани напълно коректно. За най-добро изживяване, препоръчваме да разгледате статията директно в сайта.