|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |
| --- |
|  |
|  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Методика расчета уровней изоляции приемника от передатчика в дуплексном ретрансляторе.  |  |

Основной задачей при проектировании конфигурации и выборе нужного оборудования дуплексного ретранслятора является определение необходимых уровней изоляции входных цепей приемника от антенных цепей передатчика. Здесь и далее под термином "изоляция" подразумевается не привычное понятие электрической изоляции, а разница в уровнях сигнала в одной цепи (линии связи), но на разных частотах (для фильтровых систем (рис.1), в разных направлениях (для вентилей, циркуляторов (рис.2,4) или для разнесённых антенн (рис.3).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| https://www.radial.ru/faq/texts/images/metodika1.gifРисунок 1  |  | https://www.radial.ru/faq/texts/images/metodika2.gifРисунок 2  |  |
| https://www.radial.ru/faq/texts/images/metodika3.gifРисунок 3  |  | https://www.radial.ru/faq/texts/images/metodika4.gifРисунок 4  |  |

Изоляция - значение относительное и измеряется в децибелах (dB). Следует сразу заметить, что во всех случаях достижение высокой изоляции всегда сопровождается повышением вносимых потерь сигнала. Чтобы рассчитать требуемую изоляцию между высокочастотными портами приемника и передатчика ретранслятора, необходимы следующие параметры будущей системы:1. Частота передачи (Ftx) 164.000 МГц2. Частота приема (Frx) 160.000 МГц3. Мощность передатчика 25 Вт4. Чувствительность приемника (SINAD 12 dB) - 0.15 мкВ Далее поступайте следующим образом:1. Определите разницу ΔF между частотами передачи Ftx и приема Frx:ΔF = Ftx - Frx , МГц ΔF = 164-160 = 4 МГц2. С помощью графика (рис.5) определите требуемую изоляцию между ВЧ портами приемника и передатчика на частоте приема (кривая RX) и на частоте передатчика (кривая TX). Находим: i RX = -23 dB и i TX = -40 dB. https://www.radial.ru/faq/texts/metodika/metodika5.gifРисунок 5Хочу сразу пояснить, почему необходимы эти два значения. Дело в том, что при включении близкорасположенного передатчика приёмник воспринимает помимо мощного сигнала основной частоты (передатчика - 164 МГц), вследствие ограниченной собственной избирательности, ещё и на своей частоте приёма 160 МГц его шумы, которые непременно будут возникать в процессе его работы. Однако эти графики, взятые из каталога "Telewave" видимо рассчитаны на ретрансляторы, у которых приемники имеют достаточно узкополосные УВЧ (возможно, этим графикам столько же лет сколько самой фирме). Современные же приёмники радиостанций на которых в нашей стране чаще всего строят ретрансляторы: Kenwood, Motorolla имеют более широкополосные входные цепи - их полоса пропускания составляет около 7 МГц. А это означает, что любой мешающий сигнал, попадающий в эту полосу будет усиливаться УВЧ так же, как и полезный сигнал. Динамический диапазон УВЧ примерно равен 70 dB. Отсюда следует, что для достижения паспортной чувствительности приёмника в своей полосе пропускания он не должен иметь мешающих сигналов, превышающих 1 мВ.Для примера, также приводим график типовой характеристики из каталога американской фирмы "TX/RX", инженеры которой усреднили вышеприведенные графики (рис. 6-1,2). https://www.radial.ru/faq/texts/metodika/metodika6-1.gifРисунок 6-1https://www.radial.ru/faq/texts/metodika/metodika6-2.gifРисунок 6-23. По номограмме (рис. 7) определите значение корректировки по мощности, т.к. кривая TX нормализована к 65 Вт и при этой мощности не требуется корректировки. Если передатчик имеет меньшую мощность, то из значения iTX нужно вычесть 4 dB, при большей мощности, соответственно, добавить. https://www.radial.ru/faq/texts/metodika/metodika7.gifРисунок 74. То же самое необходимо проделать при корректировке значения iRX (номограмма на рис. 8), т.к. кривая RX подразумевает чувствительность 0,3 мкВ. Если же приёмник имеет более высокую чувствительность, например, 0,15 мкВ, то и требование по изоляции должно быть выше: к значению iRX = 23 dB надо прибавить 6 dB. https://www.radial.ru/faq/texts/metodika/metodika8.gifРисунок 8Итак, теперь мы имеем чёткое представление о требуемой изоляции приемника от излучения передатчика, которые равны соответственно iTX= 36 dB, iRX = 29 dB. Только после этого мы можем планировать дальнейшее построение ретранслятора. Рассмотрим методы построения одноканальных ретрансляторов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |
| --- |
|  |
|  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Методика расчета уровней изоляции приемника от передатчика в дуплексном ретрансляторе. |  |

**Одноканальный ретранслятор на двух антеннах**

|  |  |
| --- | --- |
| https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika9.gifРисунок 9 | Рассмотрим такую схему построения ретранслятора (рис.9), при которой разнос ТХ/RX составит 4 МГц, мощность передатчика — 25 Вт.  |

Это, наверное, самая популярная и в то же время самая примитивная схема ретранслятора. Она обычно строится из двух радиостанций. Сигнал Frx, принятый приёмной антенной, по фидеру достигает приёмника. Обработанный НЧ сигнал поступает на микрофонный вход передатчика. Сигнал управления, идущий по отдельному проводу от приёмника, включает передатчик, который, в свою очередь, излучает сигнал с частотой Ftx, несущей информацию Frx. Однако, несмотря на такое очевидное достоинство, как дешевизна, данная схема обладает рядом недостатков. Первое, с чем сталкиваются создатели такой системы — это «запирание» приёмника сигналом собственного передатчика. Дело в том, что любой приёмник характеризуется таким параметром, как избирательность. Избирательность автомобильных радиостанций, на которых преимущественно реализуют недорогие ретрансляторы, как правило, невысокая. Их входные контура не способны в достаточной мере ослабить сигнал, наводимый близкорасположенным передатчиком. А его мощность обычно «раскручивают» на максимум — 40-45 Вт. В результате чувствительность такого ретранслятора резко снижается, а зона обслуживания уменьшается до нескольких километров. Поэтому, прежде чем монтировать антенны, необходимо определить минимально допустимое расстояние между антеннами. Это можно сделать с помощью следующих графиков. https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika10.gifГрафик 1: Зависимость изоляции между антеннами от их вертикального разносаhttps://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika11.gifГрафик 2: Зависимость изоляции между антеннами от их горизонтального разносаТакже понадобится график зависимости изоляции от частотного разноса TX/RX и мощности передатчика (см. рис. 6). Так, по этому графику можно определить, какой минимальный уровень изоляции между TX и RX требуется для достижения высокой чувствительности ретранслятора с мощностью передатчика P (Вт) и частотным разносом 4 МГц. Например, при мощности 25 Ватт мы видим, что изоляция должна быть не менее 54 dB. Из графика 2 определяем, что для достижения такой изоляции требуется устанавливать антенны на расстоянии около 115 м. Причем, в данном случае расчёт ведётся относительно антенн с нулевым усилением (полуволновые диполи или четвертьволновые GP). Если же в качестве приёмной и передающей антенн используются высокоэффективные коллинеарные направленные антенны с усилением 6 dBd каждая, то вместо 54 dB потребуется изоляция в 66 dB, что в свою очередь, увеличит горизонтальный разнос до 400 м. Чтобы обеспечить установку двух антенн на таком расстоянии, потребуется радиочастотный коаксиальный кабель как минимум такой же длины. Нетрудно догадаться, что такой метод неприемлем из-за больших потерь и дороговизны. Поэтому приходится размещать приёмник и передатчик в разных зданиях, а коммутацию между ними проводить обычным полевым телефонным проводом. Некоторые специалисты приспосабливают для этого бытовые радиотелефоны «Panasonic» или аппараты стандарта DECT. Эта методика может завести в тупик, т.к. с увеличением разноса появляется новая проблема — может возникнуть ситуация, когда оператор, слыша передачу репитера, находится в теневой зоне его приёмной антенны. В данном случае будет очень тяжело найти точку на местности (особенно в городе или на большом удалении от репитера), где и ты слышишь сигнал репитера, и он слышит тебя. Ретранслятор с общей приёмо-передающей антенной избавлен от такого недостатка. Следующим шагом, который обычно делают установщики, является включение в цепь приёмника и (или) передатчика полосового фильтра (см. рис. 10). Для обеспечения высокой добротности их обычно выполняют на основе объемного четвертьволнового коаксиального резонатора (см. рис. 11). Любой полосовой фильтр обладает следующими основными характеристиками: 1. Нагруженная добротность — величина относительная, обычно у 5-ти дюймовых банок лежит в пределе 400-500, у 8-ми дюймовых банок- 700-800 единиц.2. Потери в полосе прозрачности, dB. Обычно применяют фильтры с потерями не более 3-4 dB, но в некоторых случаях допускаются потери и до 6 dB.3. Полоса пропускания по уровню — 3dB.4. Волновое сопротивление — как правило, 50 Ом.5. Максимальная подводимая мощность — обычно не более 350 Вт.

|  |
| --- |
|  |
| https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika12.gifРисунок 10 |  | https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika13.gifРисунок 11 |

Все эти параметры очень важны при построении антенно-фидерного тракта. Так, изучая АЧХ фильтра PF8-1V, который планируется использовать при построении ретранслятора по схеме на рисунке 10, мы определяем, что настроив фильтр с потерями -1,5 dB в полосе прозрачности (например, на частоте приёмника 160 МГц), сигнал передатчика с частотой 164 МГц будет ослаблен на, на 37 dB (см. рисунок 12). https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika14.gifРисунок 12Если же ещё установить фильтр в цепи передатчика, то его шумы с частотой 160 МГц уменьшатся на 35 dB. Такой репитер требует уже гораздо меньшей изоляции между антеннами: 66-35=31 dB, а, значит, и меньшего горизонтального разноса (около 45 м). Вообще, в данной ситуации было бы грамотнее применять вместо полосовых фильтров полосно-режекторные, с гораздо большими возможностями по изоляции (см. рис. 13). https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika15.gifРисунок 13Характеристика такого фильтра имеет несимметричную форму с одним достаточно крутым скатом и точкой режекции А, порой достигающей глубины -40 dB и способной перемещаться по частоте в зависимости от настройки. При этом глубина режекции меняется, когда изменяется частотный разнос (см. рис. 14). https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika16.gifРисунок 14Ослабление режекции при значительном сближении точек А и В можно восстановить, внеся дополнительные потери в полосе прозрачности (точка В), путём настройки поворотной площадки фильтра. Такие фильтры устанавливают следующим образом: в антенной цепи приёмника включают фильтр, настроенный полосой прозрачности на частоту приёма, а полосой режекции на частоту передачи ретранслятора. В цепи передатчика — наоборот. Характеристика этого фильтра позволяет пропускать мощный сигнал передатчика в антенну и при этом давить его шумы на частоте приемника (см. рис. 15). https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika17.gifРисунок 15Тогда влияние передатчика на приемник будет ослаблено уже на 35 dB и до необходимой изоляции в 54 dB не хватает 19 dB, которые достигаются при разносе антенн на 3-4 метра. Все выше рассмотренные примеры относились к стандартному разносу 4 МГц. На практике не всегда удаётся получить от ГСН такие частоты. Иногда приходится довольствоваться гораздо меньшим разносом в 0,5 — 1 МГц. В этом случае требования к антенно-фидерному оборудованию повышаются, т.к. требуется изоляция уже порядка 90 dB. Если планируется использовать схему с двумя разнесенными антеннами (а иногда это вообще единственный выход), то необходимо определить уровень изоляции по графику 1 для вертикально разнесенных антенн. Как видно, для достижения той же изоляции требуется расстояние в 10 раз меньше, чем при горизонтально размещенных антеннах. Причем, в данном случае антенны с усилением наоборот внесут дополнительную изоляцию (но не более 10 dB) по сравнению с дипольными антеннами. Хотя в горизонтальной плоскости они будут сильно экранированы мачтой, и круговой ДН уже не получится. В данной ситуации удачным выбором станут антенны серии D, DP или DH. Их боковое крепление как раз позволяет осуществить вертикальный разнос на одной мачте (рис. 16). Кроме того, антеннами D1, D2 и D4 можно получить ДН в форме кардиоиды, что не сильно отличается от круговой диаграммы (рис. 17). Расстояние S считается как расстояние между фазовыми центрами приемной и передающей двухдипольной антенной решетки. Причем, верхнюю антенну обычно используют для приёма как наиболее поднятую над землей.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika18.gifРисунок 16 |  | https://www.radial.ru/faq/texts/metodika2/metodika19.gifРисунок 17 |

Посчитаем теперь для нашего ретранслятора, какие понадобятся фильтры и с каким вертикальным разносом надо устанавливать антенны. По графику на рис. 6 видно, что при 400 кГц между частотами передачи и приёма требуется создать изоляцию между их входами 92 dB. Реализовать такие характеристики можно двумя способами. Во-первых, используя два полосно-режекторных фильтра PRF8-2V в комбинации с вертикальным разносом антенн. Во-вторых, работая на одну антенну с применением дуплексера DPR5-6V. В первом случае, каждый из фильтров создает изоляцию порядка 70 dB. Недостающие 22 dB можно достигнуть разнесением антенн на 4 метра по вертикали. Во втором случае, шестибаночный дуплексер реализует те же характеристики и позволит сэкономить, отказавшись от второй антенны и кабеля.  |

[Для просмотра диаграммы установите программу AT2](https://www.radial.ru/at2)  |  |

 |   |

  [Для просмотра диаграммы установите программу AT2](https://www.radial.ru/at2)  |

 |

|  |
| --- |
|  |

  |

 |