

Использование программ «WinTrakt» и «WinNoise» при проектировании ВЧ каналов в соответствии с РУ.

Содержание

1. Введение.....	2
2. Определение максимально допустимой частоты канала.	2
2.1. Методика расчёта максимально допустимой частоты канала	2
2.2. Примеры определения максимально допустимой частоты канала.	4
3. Уточнение параметров канала.	7
3.1. Общие соображения по расчётам затухания ВЧ тракта и уровня помех по программам WinTrakt и WinNoise при уточняющих расчётах.	7
3.2. Особенности определения запаса по затуханию.	8
3.3. Методика при расчёте уровня помех по программе WinNoise.	9
3.4. Методика при расчёте уровня помех по упрощённым методам.	12

1. Введение.

В соответствии с документом «Руководящие указания по выбору частот высокочастотных каналов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ» СТО 56947007-33.060.40.045-2010РУ (далее РУ), при проектировании выбор частот каналов ВЧ связи и определение параметров каналов производится в два этапа.

На первом этапе осуществляются три шага, на которых производят:

- Расчёт перекрываемого аппаратурой затухания;
- Определение максимально допустимой частоты канала;
- Выбор рабочих полос частот канала (в пределах полосы, ограниченной максимально – допустимой частотой). Этот выбор должен осуществляться с обеспечением допустимых значений взаимных влияний между рассматриваемым каналом и остальными каналами, работающими в рассматриваемой электрической сети.

На втором этапе производится уточняющий расчёт параметров канала с выбранными частотами, на основании которого должна быть определена правильность принятых на первом этапе решений и, при необходимости, произведена их корректировка. В рамках этого этапа проверяется соответствие норме величины перекрываемого затухания канала (таблица 1.9 РУ) и величина неравномерности затухания ВЧ тракта (п.п. 2.1.2 и 2.3.5 РУ).

На обоих этапах в РУ рекомендуется наряду с упрощенными методами расчётов использовать точные методы расчёта, реализованные в программах WinTrakt и WinNoise.

Ниже рассматриваются методика применения программ на первом и втором этапах проектирования.

2. Определение максимально допустимой частоты канала.

Рассмотрим использование программы WinTrakt на втором шаге первого этапа выбора частот (определение максимально допустимой частоты канала). При этом будем считать, что расчёт перекрываемого аппаратурой затухания (п.п. 1.2.2 и 1.2.3 РУ) и выбор рабочих полос частот канала (разделы 1.3 - 1.5 РУ), осуществляется в соответствии с РУ.

2.1. Методика расчёта максимально допустимой частоты канала

Методика состоит в последовательном выполнении следующих шагов:

2.1.1. С использованием программы WinTrakt составляется схема ВЧ тракта, в которой:

- В элементе «УПР», которым начинается и кончается тракт, вводятся ФП на «рабочей» фазе. ФП, установленные на «нерабочих» фазах (если они есть) должны быть введены отдельным элементом УПР;

ВЧЗ на «рабочей» фазе и ВЧЗ на «нерабочих» фазах (если они есть) тоже должны быть введены отдельными элементами ШС. Ввод ФП и ВЧЗ, установленных на «рабочей» и «нерабочих» фазах отдельными элементами сделано для удобства дальнейших расчётов.

- ВЧЗ на «рабочей» фазе представляются «всеголовными» типа «экви.ххх» с активным сопротивлением, которое принимается равным 640 Ом для ВЛ 35-220 кВ; 470 Ом для ВЛ 330 кВ; 440 Ом для ВЛ 500 кВ и 400 Ом для ВЛ 750 кВ;

- Все ФП, установленные на «рабочей» фазе представляются как «всеголовный хххкВ» (Вводится 4-ым типом с заданием ёмкости КС, равной 10^6 пФ, и заданием коэффициента трансформации, величина которого, принимается равной 2,45 для ВЛ 35-220 кВ; 2,13 для ВЛ 330 кВ; 2,03 для ВЛ 500 кВ и 1,93 для ВЛ 750 кВ.

- На необходимой длине ВЛ (в соответствии с РУ) в произвольном месте тракта задаётся гололёд или изморозь с необходимыми параметрами.

2.1.2. По программе «WinTrakt» рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта со схемой по п. 1.1 ($a_{\text{тр1}}(f)$). Расчёт рекомендуется делать в диапазоне частот (20-1000) кГц с шагом 1 кГц.

2.1.3. Файл со схемой по п. 2.1.1 сохраняется с новым именем, и схема тракта нового файла модифицируется (редактируется). Редактирование схемы заключается в:

- ✓ Замене элементов «УПР», представляющих ФП и ВЧ кабель в начале и конце тракта, элементом КН с введением нагрузки «рабочей» фазы на сопротивление, равное характеристическому сопротивлению ВЛ (для ВЛ 35-220 кВ это 450 Ом; для ВЛ 330 кВ это 330 Ом; для ВЛ 500 кВ это 310 Ом; для ВЛ 750 кВ это 280 Ом;).
- ✓ Исключении элементов ШС, представляющих ВЧЗ на «рабочей» фазе по концам тракта.

2.1.4. По программе «WinTrakt» рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта с модифицированной схемой по п. 2.1.3 ($a_{\text{тр2}}(f)$). Расчёт производится на тех же частотах, что и первый расчёт.

2.1.5. Определяется расчётное затухание ВЧЗ и ФП на приёмном конце тракта. Оно определяется как половина разности между затуханиями тракта $a_{\text{тр1}}$ и $a_{\text{тр2}}$.

$a_{\text{ВЧЗ+ФП}} = 0,5(a_{\text{тр1}}(f) - a_{\text{тр2}}(f))$	(1)
--	-------

2.1.6. Определяется величина A , как:

$A = a_{\text{пер}} + a_{\text{ВЧЗ+ФП}} - \left(\sum_{\text{ш}} a_{\text{ш}} + \sum_{\text{рф}} a_{\text{рф}} + A'_{\text{зап}} \right), \quad \text{дБ}$	(2)
--	-------

где: $a_{\text{пер}}$ - затухание, перекрываемое аппаратурой (определённое в соответствии с п.п.1.2.2 и 1.2.3 РУ), дБ;

$a_{\text{ВЧЗ+ФП}}$ - затухание, определённое в п. 2.1.5, дБ;

$\sum a_{\text{ш}}$ - сумма затуханий, вносимых параллельно включенной (без РФ) аппаратурой других ВЧ каналов (кроме приёмного конца), дБ (в программе WinTrakt не предусмотрен учет параллельной аппаратуры);

$\sum a_{\text{рф}}$ - то же, разделительными фильтрами на рабочей фазе (кроме приёмного конца), дБ (в программе WinTrakt не предусмотрен учет разделительных фильтров);

$A'_{\text{зап}}$ - часть запаса по затуханию, которая не обусловлена ГИО (не зависит от частоты), дБ. Определяется по п.1.2.5 РУ.

2.1.7. На частотной зависимости затухания ВЧ тракта $a_{\text{тр1}}(f)$, рассчитанной по программе «WinTrakt» (см. п. 2.1.2), находится частота, для которой затухание ВЧ тракта равно определённой в п.2.1.6 величине A . Эта частота и является максимально допустимой частотой канала.

2.2. Примеры определения максимально допустимой частоты канала.

Изложенную в разделе 2.1 методику определения максимально допустимой частоты канала рассмотрим на двух примерах.

2.2.1. Канал, работающий по транспонированной ВЛ 500 кВ.

Схема организации канала представлена на рис. 1.

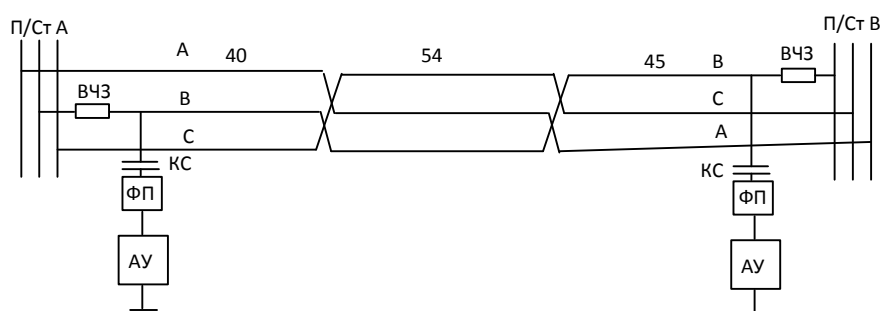


Рис. 1. Схема канала, работающего по тракту по ВЛ 500 кВ.

По каналу передаются сигналы команд РЗ и ПА. Номинальная полоса частот передачи (приема) канала 4 кГц. Уровень передачи сигналов команд составляет +45дБм. Допустимое соотношение сигнал/помеха равно 4 дБ. Требуемый запас по затуханию равен приросту затухания от ГИО плюс 22 дБ. Расчётная толщина стенки гололёда 1 см.

Рассчитанное в соответствии с РУ при этих данных перекрываемое аппаратурой затухание составляет $a_{\text{пер}} = 56$ дБ.

Последовательность расчётов в соответствии с разделом 2.1. следующая:

- в соответствии с п.п. 2.1.1 и 2.1.2 с использованием программы «WinTrakt» составляется схема и рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта ($a_{\text{тр1}}(f)$). Гололёд с толщиной стенки 1 см в соответствии с РУ введён на длине ВЛ 30 км.

Результаты представлены в файле «затухание 500ВЧ.WTR».

Результат расчёта показан на рис.2 (зелёная линия).

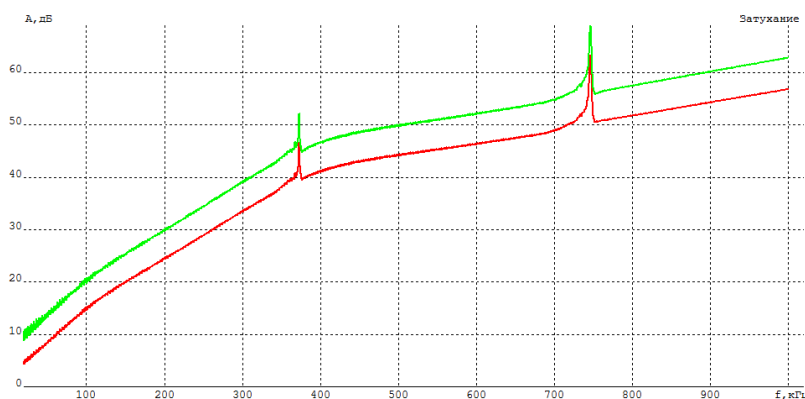


Рис. 2. Частотная зависимость затухания ВЧ тракта. Зелёная – с ФП и ВЧЗ; Красная – без ФП и ВЧЗ

- в соответствии с п.п.2.1.3 и 2.1.4 модифицируется схема и рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта ($a_{\text{тр2}}(f)$) (файл «затухание 500ВЧ мод».WTR).

Результат расчёта показан на рис.2 (красная линия).

- в соответствии с п.2.1.5 по (1) определяется расчётное затухание ВЧЗ и ФП на приёмном конце тракта. Оно равно 2,7 дБ.
- в соответствии с п.2.1.6 по (2) определяется величина А. В данном случае она равна $56 + 2,7 - 22 = 36,7$ дБ.
- в соответствии с п.2.1.7 по полученной величине А и результатам расчёта $a_{\text{тр1}}(f)$ определяется максимально допустимая частота. В данном случае она равна 268 кГц.

2.2.2. Канал, работающий по тракту с обходом по ВЛ 110 кВ.

Схема организации канала представлена на рис. 3.

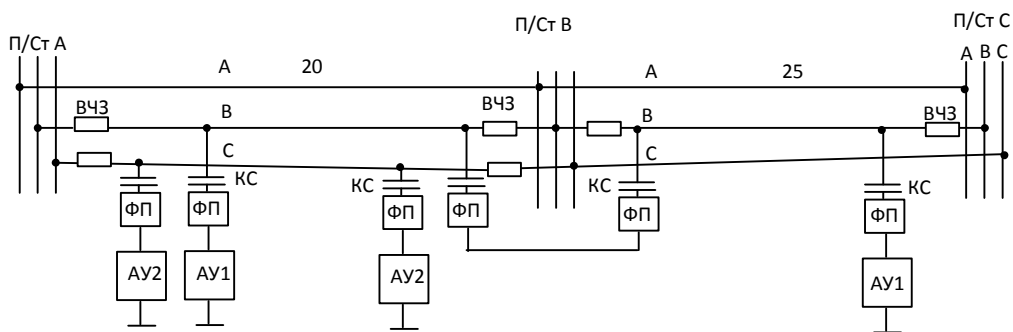


Рис. 3. Схема канала, работающего по тракту по ВЛ 110 кВ.

По каналу передаётся сигналы цифрового потока (ЦП) со скоростью 38,4 кб/с. Номинальная полоса частот передачи (приема) канала -8 кГц. Уровень выхода ЦП +37дБм, допустимое соотношение сигнал/помеха 25 дБ (для помехи, определённой в полосе 8 кГц). Требуемый запас по затуханию равен приросту затухания от ГИО, но не менее 9 дБ. Расчётная толщина стенки гололеда 1,5 см.

В соответствии с РУ при этих данных перекрываемое аппаратурой затухание составляет 41 дБ.

Последовательность расчётов в соответствии с разделом 2.1. следующая:

- в соответствии с п.п. 2.1.1 и 2.1.2 по программе «WinTrakt» составляется схема и рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта ($a_{\text{тр1}}(f)$) (файл «затухание 110ВЧ».WTR). Гололёд с толщиной стенки 1,5 см в соответствии с РУ введён на длине ВЛ 30 км.

Результаты представлены в файле «затухание 110ВЧ».WTR.

Результат расчёта показан на рис.4 (зелёная линия).

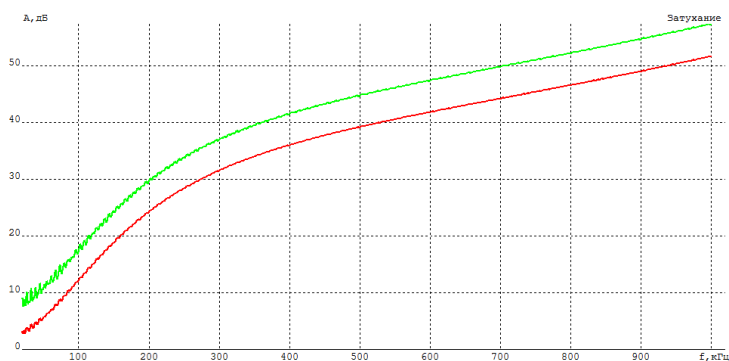


Рис. 4. Частотная зависимость затухания ВЧ тракта. Зелёная – с ФП и ВЧЗ; Красная – без ФП и ВЧЗ

- в соответствии с п.п.2.1.3 и 2.1.4 модифицируется схема и рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта ($a_{\text{тр2}}(f)$) (файл «затухание 110ВЧ мод».WTR).

Результат расчёта показан на рис.4 (красная линия).

- в соответствии с п.1.1.5 по (1) определяется расчётное затухание ВЧЗ и ФП на приёмном конце тракта. Оно равно 2,7 дБ
- в соответствии с п.2.1.6 по (2) определяется величина А. В данном случае она равна $41+2,7=43,7$ дБ.
- в соответствии с п.2.1.7 по полученной величине А и результатам расчёта $a_{\text{тр1}}(f)$ определяется максимально допустимая частота. В данном случае она равна 464 кГц.

3. Уточнение параметров канала.

3.1. Общие соображения по расчётам затухания ВЧ тракта и уровня помех по программам WinTrakt и WinNoise при уточняющих расчётах.

Расчёты рекомендуется производить в широком диапазоне частот (обзорная зависимость) и в пределах полос частот приёма (для обоих направлений передачи). Обзорная зависимость нужна для получения общего представления о характере АЧХ затухания и уровня помех. Зависимости в пределах номинальных полос частот канала нужны для определения расчётных значений рассматриваемого параметра.

На частотные зависимости параметров ВЧ тракта и уровня помех в той или иной степени влияют волны, отражённые от мест нарушения однородности ВЛ. Это влияние выражается в «волнообразном» периодическом характере этих зависимостей.

В трактах по длинным линиям 330-1150 кВ это влияние практически не ощущается (частотная зависимость «гладкая»).

В трактах по коротким линиям 35-110 кВ (без ответвлений и обходов и с ними) влияние отраженных волн проявляется в «негладкой» зависимости параметров. Поэтому при расчётах шаг по частоте Δf рекомендуется принимать с учётом выражения:

$\Delta f \leq \frac{15}{\sum_{k=1}^n L_{\text{ВЛ}k}}$	(3)
--	-------

где суммирование производится по ВЛ, входящим в схему тракта.

За расчётное значение определяемого параметра в пределах полос частот приёма рассматриваемого канала рекомендуется принимать среднее значение этого параметра. Среднее значение легко определить с помощью программы Excel для введённых в неё результатов расчёта по программе WinTrakt или WinNoise.

Обоснованием этой рекомендации является то, что на разборчивость речи и на число ошибок на бит влияет интегральное соотношение между уровнем сигнала и «квазигладкой» помехи в рассматриваемой полосе частот,

и учёт волнообразного характера частотной зависимости этого соотношения практически ничего не даёт.

3.2. Особенности определения запаса по затуханию.

Проведение уточнённого расчёта запаса по перекрываемому затуханию зависит от используемого при определении перекрываемого затухания канала способа определения уровня помех от короны (упрощенным методом по таблице 1.6 РУ или по программе WinNoise).

Разница обусловлена тем, что:

- **при расчёте помех упрощенным методом** уровень помех соответствует уровню на проводе ВЛ в её конце при условии нагрузки провода на характеристическое сопротивление линии. Поэтому величина минимально допустимого уровня приёма, определяемое по уровню помех и нормируемому соотношению (сигнал/помеха), тоже определяется для этой же точки (то есть, без учёта затухания ВЧЗ и ФП на приёмном конце ВЛ). При этом имеется в виду, что ФП и ВЧЗ на приёмном конце линии вносят одинаковое затухание и для сигнала и для помехи, и соотношение сигнал/помеха на входе приёмника аппаратуры (определённое с учётом ВЧЗ и ФП) остаётся таким же, как в рассматриваемой точке.

В соответствии с этим перекрываемое затухание аппаратуры и рабочее затухание ВЧ тракта, рассчитываемое упрощенным методом в соответствии с РУ и сопоставляемое с перекрываемым затуханием, тоже определяется без учёта затухания ФП и ВЧЗ на приёмном конце линии.

В то же время, при расчёте по программе WinTrakt рабочее затухание ВЧ тракта определяется с учётом ФП и ВЧЗ на приёмном конце ВЛ и это должно быть учтено в методике использования программы WinTrakt для расчёта затухания тракта.

- **при расчёте помех по программе WinNoise** рассчитываемый уровень помех соответствует уровню, определяемому на выходе ВЧ кабеля. Поэтому величина минимально допустимого уровня приёма определяется тоже на выходе ВЧ тракта. Соответственно, перекрываемое затухание канала определяются с учётом затухания ФП и ВЧЗ на приёмном конце линии. Рабочее затухание ВЧ тракта при использовании программы WinTrakt тоже определяется с учётом ФП и ВЧЗ. Поэтому, если расчёт перекрываемого затухания производится с использованием уровня помех, полученного по программе WinNoise, использование программы WinTrakt для расчёта затухания тракта не вызывает затруднений.

Таким образом, уточнение параметров канала и ВЧ тракта с использованием программ может производиться двумя способами, изложенными ниже.

3.3.Методика при расчёте уровня помех по программе WinNoise.

Обычно расчёт с использованием программы WinNoise производится для трактов по ВЛ 330 кВ и выше.

Методику определения расчётного запаса канала по перекрываемому затуханию и определение неравномерности затухания тракта рассмотрим на примере канала, работающего по транспонированной ВЛ 500 кВ.

Схема организации канала с указанием рабочих полос частот представлена на рис. 5. По каналу передаётся сигналы речи и ТМ. Уровень передачи речи составляет +43дБм, допустимое соотношение сигнал/помеха для речи составляет 26 дБ.

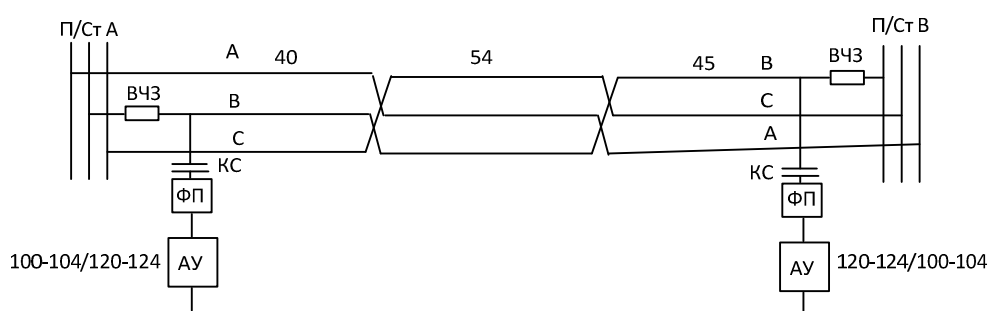


Рис. 5 Схема канала, работающего по тракту по ВЛ 500 кВ.

Последовательность расчётов следующая:

3.2.1. По программе «WinNoise» рассчитывается частотная зависимость уровня помех в полосе 1 кГц для рассматриваемого тракта с выбранной схемой присоединения (файл «помехи 500ПР».NSE). Результат расчёта в широком диапазоне частот показан на рис.6,а (обзорная зависимость). На рис. 6,б и 6,в показан результат расчёта для рабочих полос частот канала.

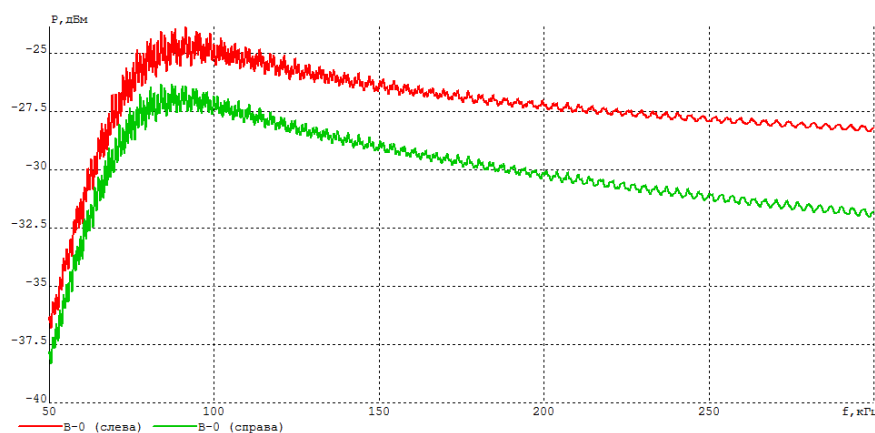


Рис. 6,а Частотная зависимость уровня помех для присоединения фаза В-земля (обзорная). Красная линия - помехи на ПС/т А;зелёная линия - на ПС/т В

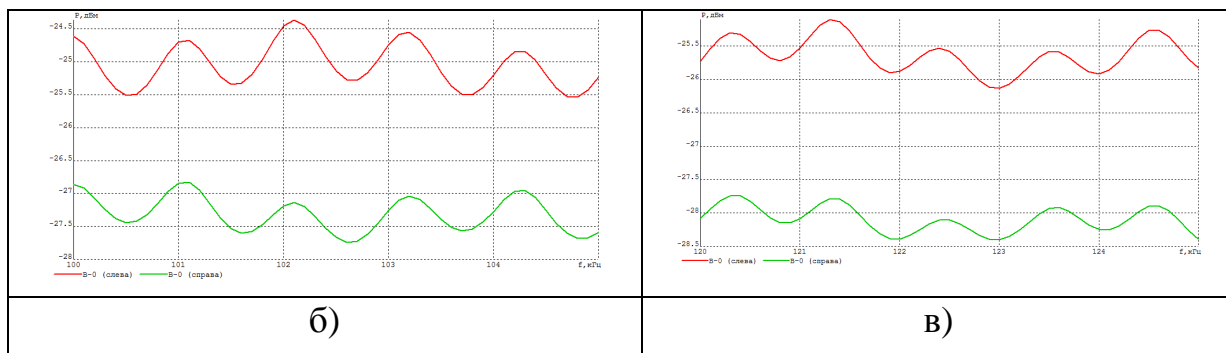


Рис. 6,б) и в). Частотная зависимость уровня помех для присоединения фаза В-земля в полосе частот (100-104) (для П/Ст В); в полосе частот (120-124) (для П/Ст А).

Средний уровень помех в полосе 1 кГц, определённый с использованием программы Excel (файл «помехи 500ПР».xls) и округлённый до десятых долей дБ составляет:

Для приёмника на П/Ст А (полоса 120-124 кГц) – $L_{\text{пом.1}} = (-25,0) \text{ дБм}$

Для приёмника на П/Ст В (полоса 100-104 кГц) – $L_{\text{пом.1}} = (-27,3) \text{ дБм}$

• С учётом результатов расчёта уровня помех, в пределах полосы частот приёма определяется минимально допустимый уровень приёма канала ($L_{\text{пр.мин}}$) для выбранного направления передачи:

$$L_{\text{пр.мин.}} = L_{\text{пом.1}} + 10Lg(\Delta f) + a_{c/n},$$

где: $L_{\text{пом.1}}$ – среднее значение уровня помех в полосе 1 кГц, полученное по программе Excel на основании результатов расчётов по программе «WinNoise»;

Δf – полоса частот приёма данного сигнала (в нашем случае для канала речи 3,1 кГц);

$a_{c/n}$ – нормированное соотношение сигнала и помехи. (в нашем случае для канала речи 26 дБ)

Для рассматриваемого примера:

Для приёмника на П/Ст А (полоса 120-124 кГц)

$$L_{\text{пр.мин.А}} = -25,7 + 4,9 + 26 = +5,2 \text{ дБм}$$

Для приёмника на П/Ст В (полоса 100-104 кГц)

$$L_{\text{пр.мин.В}} = -27,3 + 4,9 + 26 = +3,6 \text{ дБм}.$$

• С учётом результатов расчёта минимально допустимого уровня приёма определяется перекрываемое затухание канала:

$$a_{\text{пер.}} = L_{\text{прд}} (\text{дБм}) - L_{\text{пр.мин}},$$

где: $L_{\text{прд}}$ – уровень передачи для данного сигнала (в нашем случае для речи +43 дБм).

Для рассматриваемого примера:

Для направления от В к А (полоса 120-124 кГц)

$$a_{\text{пер.В-А}} = 43 - 5,2 = 37,8 \text{ дБ}$$

Для направления от А к В (полоса 100-104 кГц)

$$a_{\text{пер.А-В}} = 43 - 3,6 = 39,4 \text{ дБ}$$

- По программе «WinTrakt» рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта ($a_{\text{тр}}(f)$). Расчет рекомендуется делать с использованием схемы тракта, составленной в рамках расчета по программе «WinNoise», в одном и том же диапазоне частот и с одинаковым шагом по частоте (файл «затухание 500.WTR»).

Результат расчёта в широком диапазоне частот показан на рис.7,а (обзорная зависимость). На рис. 7,б и в показан результат расчёта для рабочих полос частот канала.

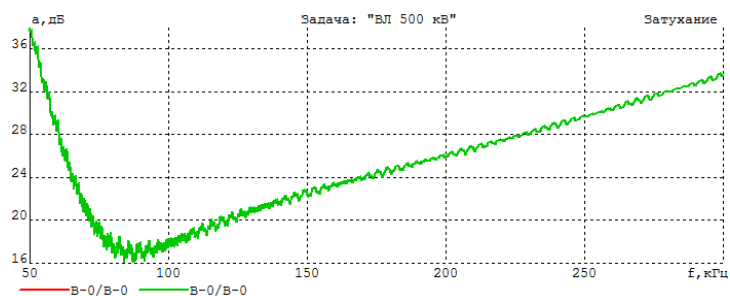


Рис. 7,а. Частотная зависимость затухания ВЧ тракта (обзорная)

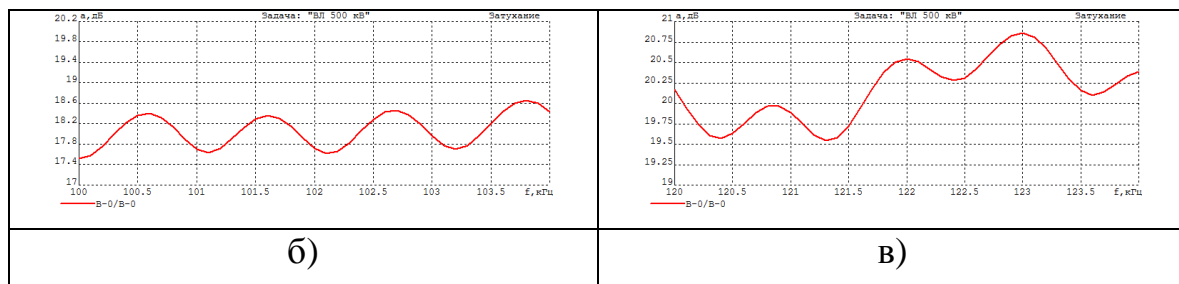


Рис. 7,б и в Частотная зависимость затухания ВЧ тракта в полосе частот (100-104) (б) и в полосе частот (120-124) (в)).

Среднее значение затухания, определённое с использованием программы Excel (файл «затухание 500ПР.xls») и округлённое до десятых долей дБ составляет:

Для полосы 100-104 кГц - $a_{\text{тр}} = 18,0 \text{ дБ}$

Для полосы 120-124 кГц - $a_{\text{тр}} = 20,1 \text{ дБ}$

- Определяется расчётный запас по затуханию, как разность между определёнными ранее перекрываемым затуханием и рабочим затуханием ВЧ тракта:

$$A_{\text{зап.расч}} = a_{\text{пер}} - a_{\text{тр.}}$$

Полученное значение $A_{\text{зап.расч}}$ должна быть не меньше, чем нормируемая величины запаса $A_{\text{зап.}}$.

Расчётное значение запаса по затуханию получается равным:

$$\text{Для полосы } 120\text{-}124 \text{ кГц} - A_{\text{зап.расч}} = 37,8 - 20,1 = 17,7 \text{ дБ}$$

$$\text{Для полосы } 100\text{-}104 \text{ кГц} - A_{\text{зап.расч}} = 39,4 - 18,0 = 21,4 \text{ дБ}$$

Полученное значение $A_{\text{зап.расч}}$ должно быть не меньше, чем нормируемая величина запаса $A_{\text{зап.}}$, определённая в соответствии с РУ.

Неравномерность затухания в полосе частот приёма (рис. 3,б и в) не превышает 0,9 дБ.

3.4.Методика при расчёте уровня помех по упрощенным методам.

Методику определения расчётного запаса канала по перекрываемому затуханию и определение неравномерности затухания тракта рассмотрим на примере канала с обходом, работающего по ВЛ 110 кВ. Схема организации по фазе В канала с указанием рабочих полос частот представлена на рис. 8.

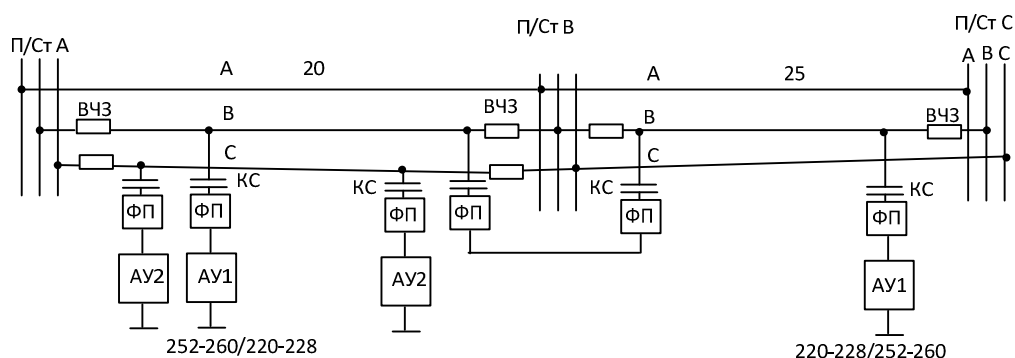


Рис. 8. Схема тракта

Уровень передачи цифрового потока с скоростью 38,4 кб/с составляет +37дБм; допустимое соотношение сигнал/помеха составляет 25 дБ (для помехи, определённой в полосе 8 кГц).

Последовательность расчётов следующая:

- По расчётному значению помех, вычисляемому в соответствии с РУ, определяется минимально допустимый уровень приёма канала ($L_{\text{пр.мин}}$):

$$L_{\text{пр.мин}} = L_{\text{пом.1}} + 10Lg(\Delta f) + a_{c/n},$$

где: $L_{\text{пом.1}}$ - уровень помех в полосе 1 кГц. В соответствии с РУ для ВЛ 110 кВ $L_{\text{пом.1}} = (-38)\text{дБм}$;

Δf – полоса частот приёма данного сигнала (в нашем случае для канала ЦП 8 кГц);

$a_{с/п}$ - нормированное соотношение сигнала и помехи. (в нашем случае для помехи в поосе 8 кц это 25 дБ)

$$L_{пр.мин} = -38 + 9 + 25 = -4 \text{ дБм},$$

- Определяется перекрываемое затухание канала:

$$a_{пер.} = L_{пер}(\text{дБм}) - L_{пр.мин}(\text{дБм}),$$

где: $L_{пер}$ - уровень передачи для данного сигнала.

$$a_{пер.} = 37 - (-4) = 41 \text{ дБ}$$

- По программе «WinTrakt» рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта ($a_{тр1}(f)$) для схемы рис.8 (файл «затухание 110ПР.wtr»). Расчет сделан для полной схемы тракта, начинающегося и кончающегося элементом «УПР» с введенными в неё ФП на «рабочей» фазе. ФП, установленные на «нерабочих» фазах введены отдельным элементом УПР. ВЧЗ на «рабочей» фазе и ВЧЗ на «нерабочих» фазах тоже введены отдельными элементами ШС. Ввод ФП и ВЧЗ, установленных на «рабочей» и «нерабочих» фазах отдельными элементами сделан для удобства дальнейших расчётов. Результат расчёта в широком диапазоне частот показан на рис.9,а (обзорная зависимость). На рис. 9,б и в показан результат расчёта в рабочих полосах частот канала.

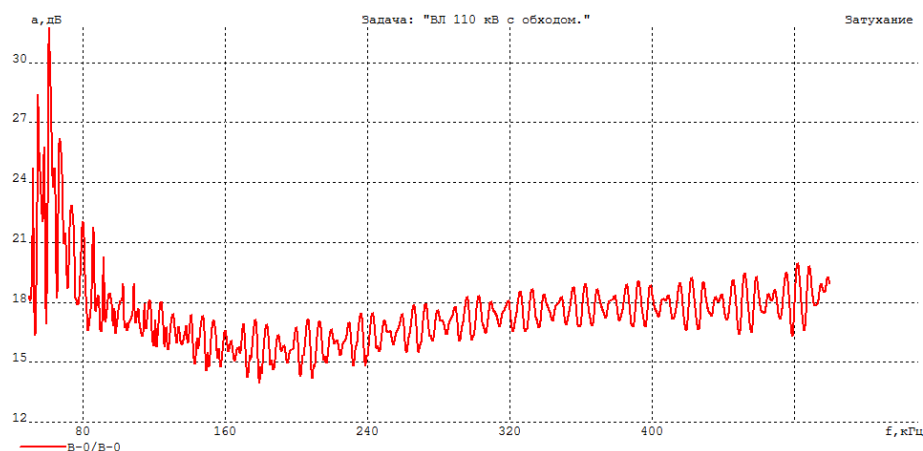


Рис. 9,а Частотная зависимость затухания ВЧ тракта (обзорная)

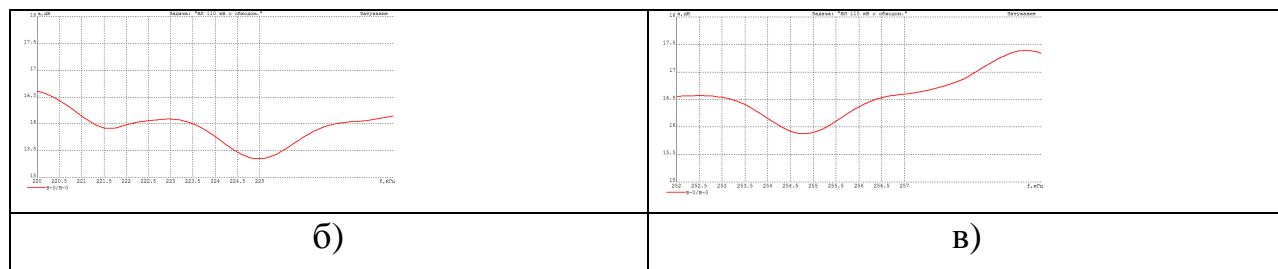


Рис. 9,б и в Частотная зависимость затухания ВЧ тракта в полосе частот (220-228) (б) и в полосе частот (252-260) (в)).

Среднее значение затухания, определённое с использованием программы Excel (файл «затухание 110ПР.xls») и округлённое до десятых долей дБ составляет:

Для полосы 220-228 кГц – $a_{тр1} = 15,9$ дБ

Для полосы 252-260 кГц - $a_{тр1} = 16,6$ дБ.

- Файл «затухание 110.wtr» сохраняется с новым именем (файл «затухание 110 мод.wtr») и схема тракта этого файла модифицируется (редактируется). Редактирование схемы заключается в:

- ✓ Замене элементов «УПР», представляющих ФП и ВЧ кабель в начале и конце тракта, элементом КН с введением нагрузки «рабочей» фазы на сопротивление, равное характеристическому сопротивлению ВЛ (для ВЛ 110 кВ это 450 Ом).

- ✓ Исключении элементов ШС, представляющих ВЧЗ на «рабочей» фазе по концам тракта.

- По программе «WinTrakt» рассчитывается частотная зависимость рабочего затухания ВЧ тракта с модифицированной схемой ($a_{тр2}(f)$). Расчёт производился на тех же частотах, что и первый расчёт.

Среднее значение затухания, определённое с использованием программы Excel (файл «затухание 110ПРмод.xls») и округлённое до десятых долей дБ составляет:

Для полосы 220-228 кГц – $a_{тр2} = 9,6$ дБ

Для полосы 252-260 кГц - $a_{тр2} = 10,4$ дБ

- Определяется расчётное затухание ВЧЗ и ФП на приёмном конце тракта. Оно определяется как половина разности между полученными выше расчётными затуханиями тракта $a_{тр1}$ и $a_{тр2}$:

$a_{ВЧЗ+ФП} = 3,2$ и $3,1$ дБ на один конец ВЧ тракта в полосе частот (220-228) и (252-260) соответственно.

- Расчетное затухание ВЧ тракта определяется как разность между средним затуханием тракта ($a_{тр1}$) и затухания $a_{ВЧЗ+ФП}$ на один конец линии, полученного выше:

Для полосы 220-228 кГц – $a_{тр} = 12,7$ дБ

Для полосы 252-260 кГц - $a_{тр} = 13,5$ дБ.

- Наконец, определяется расчётный запас по затуханию, как разность между определёнными ранее перекрываемым затуханием и максимальным значением расчётного затухания ВЧ тракта:

$$A_{зап.расч} = a_{пер} - a_{тр.расч} = 41 - 13,5 = 27,5 \text{ дБ}.$$

Полученное значение $A_{\text{зап.расч.ср}}$ должна быть не меньше, чем нормируемая величина запаса $A_{\text{зап.}}$, определённая в соответствии с РУ.

Неравномерность затухания в полосе частот приёма (рис. 5,б и в) не превышает 1,5 дБ.

Ю. Шкарин. 01.01.2013