УДК 621.396.97

МИНИМИНИЗАЦИЯ ЗОНЫ ИСКАЖЕНИЙ В СИНХРОННОЙ СЕТИ ОВЧ-ЧМ ПЕРЕДАТЧИКОВ

Выходец А.В., Кузнецова А.С.

ГП УНИИРТ
ОНАС им. А.С. Попова

MIMIMIZATION OF DISTORTIONS AREA IN SYNCHRONOUS VHF-FM TRANSMITTERS NETWORK

Vykhodets A.V., Kuznetsova A.S.

Аннотация. *Рассматриваются причины возникновения зон искажений принимаемых сигналов на территории, обслуживаемой синхронной сетью ОВЧ-ЧМ передатчиков. Показана взаимосвязь между величиной искажений и защитными отношениями по радиочастоте, приводятся рекомендации, позволяющие снизить величину искажений и уменьшить протяженность территории, на которой они будут проявляться.*

Abstract. *The causes of the appearence of the areas where signals are received with the distortions on the territiory, served by the synchronous network of VHF-FM transmitters are seen. The relation between the value of distortions and radio-frequency protection ratios is shown, the recommendatios allowing the reduction of distortions value and decreasing the extent of the territory, on which they will take effect, are presented.*

ВВЕДЕНИЕ

Построение синхронных сетей передатчиков диапазона ОВЧ является актуальной задачей, поскольку их достоинством является экономное использование радиочастотного ресурса. В диапазоне ОВЧ частотный ресурс уже практически исчерпан, и выполнение нескольких частотных присвоений для передатчиков, обслуживающих определенную территорию, было бы проблематичным.

Теоретические и экспериментальные исследования таких сетей показали [1], что на обслуживаемой синхронной сетью территории будут находиться участки, в пределах которых прием будет сопровождаться частотными, нелинейными и, в случае стерофонической звукопередачи, переходными искажениями. Поэтому при планировании синхронной сети ОВЧ-ЧМ вещания ее параметры должны быть выбраны таким образом, чтобы зоны искажений принимаемых сигналов были как можно меньше.

Для планирования сетей радиовещания основой являются защитные отношения по радиочастоте. Знание значений защитных отношений позволит так разместить радиопередающие станции и выбрать их характеристики, чтобы обеспечить возможность достаточно качественного приема практически в любой зоне обслуживаемой территории [2].

В Рекомендации МСЭ-Р BS.412-9 (Приложение 3) [3] приведены данные по определению защитных отношений по радиочастоте A в синхронной сети ОВЧ-ЧМ передатчиков в зависимости от величины временной задержки сигналов на входе приемника τ. Однако в литературе нет сведений о соотношении временных задержек радиосигналов и модулирующих сигналов, которое реально и определяет требуемые защитные отношения по радиочастоте,

Настоящая работа имеет целью решение задачи минимизации зоны искажений в синхронной сети ОВЧ-ЧМ передатчиков.

ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ И РАСЧЕТЫ

Рассмотрим условия образования зоны искажений на территории между двумя передатчиками $П_1$ и $П_2$ (рис. 1) с круговыми частотами $\omega_1 = \omega_2 = \omega$, работающими в синхронной сети [4].

Приемник находится на расстоянии r_1 от передатчика $П_1$ и r_2 от передатчика $П_2$. От студии (радиодома) к передатчикам поступает модулирующий сигнал. Студия находится на расстоянии l_1 от передатчика $П_1$ и l_2 от $П_2$.

На вход приемника Пр поступают два радиосигнала. Напряжения радиосигналов равны:

$$u_1 = U_1\cos[\omega(t - \tau_1) + S(t - T_1)],$$
$$u_2 = U_2\cos[\omega(t - \tau_2) + S(t - T_2)], \quad (1)$$

где U_1 и U_2 – амплитуды напряжений на входе приемника;

$\tau_1 = \frac{r_1}{c}$, $\tau_2 = \frac{r_2}{c}$ – время пробега электромагнитных волн от $П_1$ и $П_2$ к месту приема соответственно, c – скорость света;

$T_1 = \tau_1 + \tau_{01}$, $T_2 = \tau_2 + \tau_{02}$,

τ_{01}, τ_{02} – время пробега модулирующего сигнала от источника сигнала (студии) к передатчикам (несинфазность модуляции).

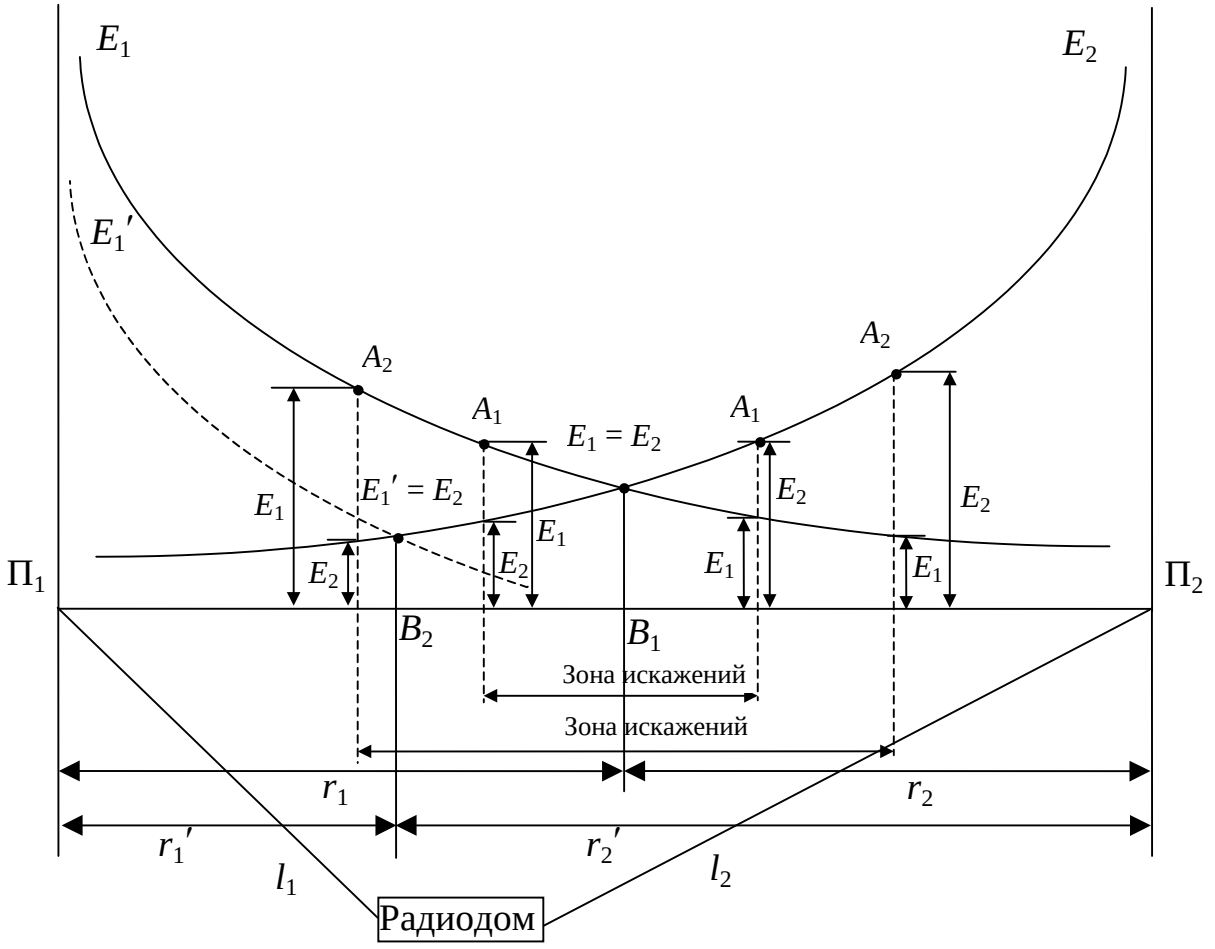

Рисунок 1 – К вопросу работы ОВЧ-ЧМ передатчиков в синхронном режиме

Суммарное колебание на входе приемника

$$u_{вх}(t) = U_1(t) + U_2(t) = \\ = U_1\{\cos[\omega(t-\tau_1)+ S(t-T_1)] + D\cos[\omega(t-\tau_2) + S(t-T_2)]\}, \quad (2)$$

где $D = U_2/U_1$ (обычно выражается в логарифмических единицах).

После несложных тригонометрических преобразований выражение (2) можно привести к виду:

$$u_{вх}(t) = U_\Sigma(t)\cos[\omega t + S(t-T_1) + \theta(t)], \quad (3)$$

где

$$U_\Sigma(t) = U_1\sqrt{1+D^2+2D\cos[z(t)+\Phi]}, \quad (4)$$

$$\theta(t) = -\operatorname{arctg}\frac{D\sin[z(t)+\Phi]}{1+D\cos[z(t)+\Phi]}, \quad (5)$$

$$z(t) = S(t-T_1) - S(t-T_2), \quad (6)$$

$$\Phi = \omega(\tau_1 - \tau_2). \quad (7)$$

Как следует из выражений (5) и (6), искажения в синхронной сети, вызванные нелинейностью фазы $\theta(t)$ (5), будут отсутствовать при $\tau_1 = \tau_2$, $\tau_{01} = \tau_{02}$, так как в этом случае $T_1 = T_2$ и $z(t) = 0$ (6), $\Phi = 0$ (7) и $\theta(t) = 0$ (5).

Полученные выражения указывают на возможность минимизации защитных отношений $A = 20\lg E_1/E_2 = 20\lg E_2/E_1$ (рис. 1), где E_1 и E_2 – амплитуды напряженности полей, создаваемых передатчиками $П_1$ и $П_2$ соответственно.

Рассмотрим случай, когда мощности передатчиков P_1 и P_2 одинаковы, и используются ненаправленные антенны. Точка, которой напряженности равны $E_1 = E_2$ ($U_1 = U_2$) (на рис. 1 точка B_1) соответствует равенство $r_1 = r_2$. В этом случае разность времени пробега электромагнитных волн от $П_1$ и $П_2$ к месту приема B_1: $\tau = \tau_1 - \tau_2 = 0$, и нелинейность фазы будет определяться только соотношением между временными задержками модулирующих сигналов, поступающих к передатчикам. Защитные отношения, приведенные в табл. 1, будут определяться разностью $\tau_0 = |\tau_{01} - \tau_{02}|$ [3].

Таблица 1 – Значения защитных отношений, полученные в результате субъективно-статистической экспертизы

Задержка, мкс	Защитные отношения, дБ			
	Монофонический режим		Стереофонический режим	
	Оценка по шкале ухудшения		Оценка по шкале ухудшения	
	3	4	3	4
2	<1	1	4	6
5	1	2	10	12
10	1	3	14	16
20	не оценивались	11	не оценивались	не оценивались
40	не оценивались	20	не оценивались	не оценивались

Примечание: Числа в таблице представляют наихудшие величины, полученные в ходе испытаний.

Стремятся к минимизации этой разности, устанавливая на входе стереомодуляторов передатчиков устройства регулирования временной задержки модулирующих сигналов. Как видно из табл. 1, увеличение времени задержки ведет к увеличению A.

Защитные отношения определяют границы зоны искажений. При увеличении A растет протяженность зоны искажений. Так, при A_1 = 6 дБ отношение $E_1/E_2 = E_2/E_1 = 2$, при A_2 = 12 дБ $E_1/E_2 = E_2/E_1 = 4$. Значения A_1 и A_2 показаны на рис. 1. Зона искажений определяется как участок территории между передатчиками, в пределах которого защитное отношение по радиочастоте меньше требуемого значения. На рис. 1 изображены зоны искажений для двух случаев: если для достижения хорошего качества приема требуемое защитное отношение равно A_1 = 6 дБ (участок меньшей протяженности), и если требуемым значением защитного отношения является A_2 = 12 дБ (участок большей протяженности).

Если при прочих равных условиях мощности передатчиков не будут одинаковыми, и $P_1 < P_2$, то точка равной напряженности сместится в сторону $П_2$ (точка B_2), и разность времени пробега электромагнитных волн от $П_1$ и $П_2$ к точке B_2: $\tau = |\tau_1 - \tau_2| > 0$.

Если значения τ будут достаточно большими, это приведет к значительному увеличению зоны искажений.

Пусть расстояние между точками B_1 и B_2 будет равно 5 км, и $\tau_{01} = \tau_{02}$. В этом случае, если приемник находится в точке B_2, $\tau \approx 33$ мкс, и требуемое значение A (при стереофоническом приеме и требуемой оценке качества радиоприема «4» по пятибалльной шкале) будет превышать 16 дБ (табл. 1). Уменьшить τ, как видно из выражения (6), можно при подборе соответствующего значения компенсационной задержки в канале подачи модуляционных сигналов так, чтобы соблюдалось равенство $(\tau_1 + \tau_{01}) \approx (\tau_2 + \tau_{02}) \leq 2$мкс В этом случае значительно снизится требуемое защитное отношение и, следовательно, уменьшится протяженность зоны искажений Для данного примера такое равенство достигается введением временной задержки в канал подачи программ к передатчику $П_2$.

Приведенный выше пример соответствуют идеальным условиям. Однако и в реальных случаях компенсирующие устройства позволяют получить достаточно низкие значения временной задержки.

Система синхронизации Synchrocast фирмы Harris [5] позволяет осуществить регулировку τ_0 дистанционно у всех передатчиков синхронной сети.

ВЫВОДЫ

В сети синхронного звукового ОВЧ-ЧМ вещания прием может сопровождаться линейными и нелинейными искажениями, величина которых зависит от соотношения амплитуд радиосигналов синхронных станций на входе приемника, а также разности времени поступления этих сигналов в точку приема. В свою очередь, временная задержка сигналов на входе приемника определяется двумя составляющими – разностью времени пробега радиосигналов от передатчиков до точки приема τ, и разностью времени пробега модулирующего сигнала от источника сигнала (студии) к передатчикам (несинфазностью модуляции) τ_0. Эти обе составляющие суммарной задержки $T = \tau + \tau_0$ оказывают свое влияние на искажение сигнала, который будет получен на выходе приемника (см. выражения (3) и (5)).

В случае, когда прием производится в точке на территории между передатчиками, которая сдвинута от центра ($\tau \neq 0$), и в которой амплитуды радиосигналов равны (D = 1), появляются искажения как линейные, так и нелинейные. Их значения будут тем больше, чем больше этот сдвиг. Поэтому при работе синхронных ОВЧ-ЧМ передатчиков в тех точках приема, в которых значения напряженности близки, нужно стремится к «выравниванию» времени распространения сигналов: $T_1 = T_2$. Осуществить это можно путем корректирования несинфазности модуляции τ_0, вызванной разными значениями τ_{01} и τ_{02}. Задержка по

радиочастоте τ определяется только местоположением приемника и ее регулирование с помощью каких-либо средств не представляется возможным.

Таким образом, вводя дополнительную «уравнивающую» задержку перед подачей сигналов на модулятор, удается с некоторой степенью точности привести к равенству значения времени распространения каждого из сигналов до точки приема, минимизируя при этом искажения приема и протяженность территории, на которой они будут ощущаться слушателем.

Литература:

[1] Выходец А.В., Ганжа С.Н., Кузнецова А.С. Особенности проектирования синхронных сетей звукового ОВЧ-ЧМ вещания // Зв'язок. – 2007. – № 1. – С. 12 – 16, № 2. – С. 60 – 64.

[2] Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания: Справочник / Локшин М.Т., Шур А.А., Кокорев А.В, Краснощеков Р.А. – М.: Радио и связь, 1988. – 144 с.

[3] Рекомендация МСЭ-Р BS.412-9. Стандарты планирования для ЧМ звукового вещания в диапазоне ОВЧ.

[4] Выходец А.В. Ганжа С.Н. Искажения радиоприема в синхронной сети ОВЧ-ЧМ передатчиков // Праці УНДІРТ. – 2004. – № 4(40). – С. 66 – 67.

[5] Harris corporation Intraplex Products. Intraplex Synchrocast Operation and Installation Manual. March, 2002.