

**ЕНЕРГЕТИЧНО ИНДУЦИРАНИ СМУЩЕНИЯ ПРИ УСЛУГИТЕ ОТ
СЛУЖБАТА ЗА СТЕРЕОФОНИЧНО РАДИОРАЗПРЪСКВАНЕ****Климент Ангелов¹**¹ *Технически университет - София***ENERGETIC INDUCED INTERFERENCES AT FM BROADCAST SERVICES****Kliment Angelov¹**¹ *Technical University of Sofia***Abstract**

In this article an induced interferences at the FM Broadcast services have been observed. The cause for these disturbances can be an energetic overload of receivers due to the fact that there are a lot of local radio stations in big cities. In this study the real example for such type of irregularities in the FM Broadcast Service, and also the mechanism of their appearance, for the capital of Bulgaria – the Sofia megapolis has been described.

Keywords: FM Broadcast; Interferences; Intermodulation products.

ВЪВЕДЕНИЕ

В наши дни службата за стереофонино радиоразпръскване (позната в англоезичните среди като FM Broadcast) е широко използвана от потребителите. От обществена гледна точка тези радиопредавания са изключително полезни за осигуряване на осведоменост, забавление, а също така не може да не се отчете и маркетинговата страна, свързана с това, че не малка част от радиостанциите разчитат на финансова издръжка срещу предлагано в замяна разпространение на рекламна дейност.

От техническа гледна точка радиоразпръскването с честотна модулация осигурява достатъчно високо качество на звука, а също така и някои други допълнителни функции за трансфер на данни. Такава се явява функцията Radio Data Service (RDS) [1], с която може да се предава статична и/или динамична текстова съпровождаща информация, например името на конкретната радиостанция, телефон за връзка и/или заглавието и изпълнителя на музикалното произведение

и други [2]. Също така, чрез подобна предавана в ефира служебна информация, може да се идентифицира дадена радиостанция и да се осъществява автоматично превключване на честотите, в случаите когато слушателят е в движение. По този начин се постига непрекъснато приемане на програмата на желаната радиостанция. Не на последно място чрез RDS може да се предава и важна информация относно автомобилния трафик.

Всички тези аспекти обуславят необходимостта от високо качество и надеждност на услугата, която е още по-осезаема в урбанизираните територии. От друга страна точно в градските райони се наблюдава концентрация в количеството радиостанции и е възможно претоварване на ефира и възникване на интерференции.

Настоящата статия разглежда именно механизмът на възникване на подобни смущения в рамките на град София, където живеят милиони жители и понастоящем има десетки радиостанции.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Към момента в ефира на град София излъчват тридесет и една различни радиостанции, които с помощта на радиопредавателите си се стремят да осигурят в голяма степен радиопокрытие и на цялото Софийско поле. В таблица № 1 е поместен техен списък със зададени кодови имена от **RS1** до **RS31**, като подредбата е според честотите им, а също така са дадени и мощностите на предавателите им [3].

Таблица №1

Кодово име	Честота, MHz	Мощност на предавателя, W	Кодирано местоположение на предавателя
RS1	87.60	230	TxP6
RS2	88.00	500	TxP1
RS3	88.40	250	TxP4
RS4	89.10	240	TxP3
RS5	89.50	500	TxP1
RS6	90.00	500	TxP1
RS7	91.00	500	TxP1
RS8	91.90	500	TxP1
RS9	92.40	400	TxP5
RS10	92.90	10000	TxP2
RS11	93.40	500	TxP1
RS12	93.90		TxP5
RS13	94.50	1000	TxP2
RS14	94.90	200	TxP3
RS15	95.70	500	TxP1
RS16	96.20	400	TxP1
RS17	96.70	900	TxP1
RS18	97.60	510	TxP5
RS19	98.30	500	TxP1
RS20	99.10	500	TxP1
RS21	99.70	500	TxP1
RS22	100.30	200	TxP3
RS23	101.10	178	TxP3
RS24	101.70	500	TxP1
RS25	103.00	10000	TxP2
RS26	103.60	500	TxP1
RS27	104.00	500	TxP1
RS28	105.00	2000	TxP3
RS29	105.60	200	TxP3
RS30	106.00	500	TxP1
RS31	106.90	500	TxP1

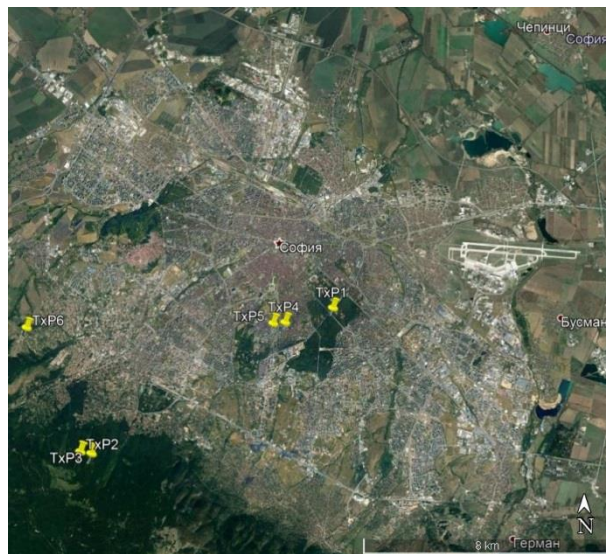
В таблица №1 е отразено чрез кодови имена от **TxP1** до **TxP6** също и местоположението на предавателите на съответните радиостанции. Видно е, че общият им брой е шест, като в повечето случаи това са инфраструктурни обекти с подходяща височина и намиращи се на места с по-висока надморска кота на терена. Някои от тези обекти са специално изградени за подобни цели съоръжения, като телевизионните кули на бул. „Пейо Яворов“ и тази в м. Копитото на пл. Витоша. В таблица №2 е поместено описание на шестте точки на

радиопредавателите, както и сумарната мощност на всички радиостанции, излъчващи от всяка една от тях.

Таблица №2

Кодово име	GPS координати кота терен, m	Описание; височина на сградата (съоръжението), m	Сумарна излъчвана мощност, kW
TxP1	N42°40'36" E023°20'31" 595 m	РРТС София - (TV кула на бул. Пейо К. Яворов) 106 m	8,8
TxP2	N42°38'12" E023°14'38" 1345 m	КРТЦ Витоша - (TV кула, вр. Копитото) 186 m	21
TxP3	N42°38'10" E023°14'53" 1320 m	Хотелска сграда в м. Копито, пл. Витоша 12 m	3,018
TxP4	N42°40'21" E023°19'23" 617 m	Многоетажна сграда в кв. Лозенец, 80 m	0,25
TxP5	N42°40'20" E023°19'06" 605 m	Многоетажна хотелска сграда в кв. Лозенец 98 m	1,41
TxP6	N42°40'16" E023°13'18" 715 m	Сграда в кв. Горна баня 16 m	0,23

На фиг. 1 е илюстрирано местоположението на тези обекти върху географска карта.



Фиг. 1. Местоположение на обектите с радиопредаватели в гр. София

Според препоръките на организацията International Telecommunication Union (ITU), съдържащи стандартите за постигане на качествена услуга за стереофонично радиоразпръскване в честотния диапазон на метровите вълни (Very High Frequency – VHF) [4], нивото на сигнала в зависимост от типа на терена трябва да отговаря на стойностите от таблица №3, като те се отнасят за височина 10 m над кота терен.

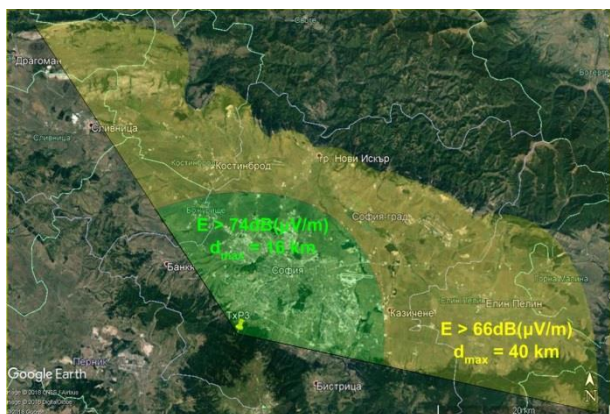
Таблица №3

Тип на терена	Услуга	
	Моно	Стерео
Извънградски райони и при ниско строителство	48 dB(μV/m)	54 dB(μV/m)
Райони с градски тип застрояване	60 dB(μV/m)	66 dB(μV/m)
За гъсто застроени райони на големи градове	70 dB(μV/m)	74 dB(μV/m)
При липса на смущения от индустриален и домашен характер	34 dB(μV/m)	48 dB(μV/m)

От теоретична гледна точка определяне на интензитета на електрическото поле може стане според формулата на идеалния радиопредавател [5]:

$$E = \frac{\sqrt{30P_t G_t}}{d} F, \quad (1)$$

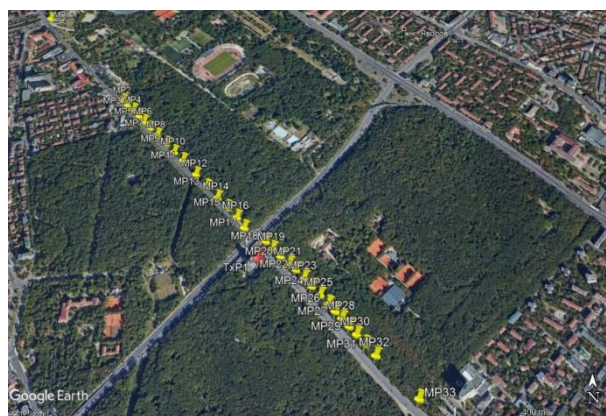
където P_t и G_t са съответно мощността и усилването на антената на радиопредавателната станция, d е разстоянието от нея до точката на наблюдение, а F отразява затихванията на електромагнитните вълни (ЕМВ) в средата на разпространение. От същата зависимост (1) може да се изрази максималната дистанция за достигане на определено прагово ниво на интензитета на електрическото поле. На фиг. 2 е показана зоната на покритие на радиостанцията с кодово име RS4, като за усилването е приета достоверната стойност от 10 пъти, а за запас за затихване е избран множителят $F = 0,3$. Получават се съответно дистанции от ~40 km и ~16 km за достигане на нивата



Фиг. 2. Теоретично определено покритие от радиостанция RS4 за гр. София и Софийското поле

за стереофонично приемане в среда от градски и гъсто застроен градски тип. Посоченото покритие потвърждава, че в рамките на целия гр. София посочената радиостанция RS4 би трябвало да осигурява добро покритие със сигнал и оттам високо качество на услугата.

Въпреки аналитично определената добра оценка на зоната на покритие в градската част на София са налични осезаеми смущения в качеството на услугата за радиостанция с кодово име RS4. Тези явления се проявяват в зона, близка до точката на радиопредаватели, означена с кодово име TxP1. Това е т. нар. „Стара телевизионна кула“ на бул. „Пейо Яворов“, от която се излъчват значителен брой радиостанции (1 бр. с мощност 900 W, 15 бр. с 500 W и 1 бр. с 400 W – вж. табл. №1). Разстоянието по права линия м/у точките TxP3, от която се осъществява излъчването на радиостанцията RS4, и TxP1 е 9,018 km. Съгласно (1), постиганото ниво на сигнала за такава дистанция е от порядъка на ~79 dB(μV/m). На фиг. 3 е поместено изображение от географска карта с нанесено местоположението на точката TxP1, както и множество точки, в които се наблюдава компрометиране на качеството на услугата на радиостанция RS4.



Фиг. 3. Местоположение на точки с нарушена услуга в близост до предавателната станция TxP1 в гр. София

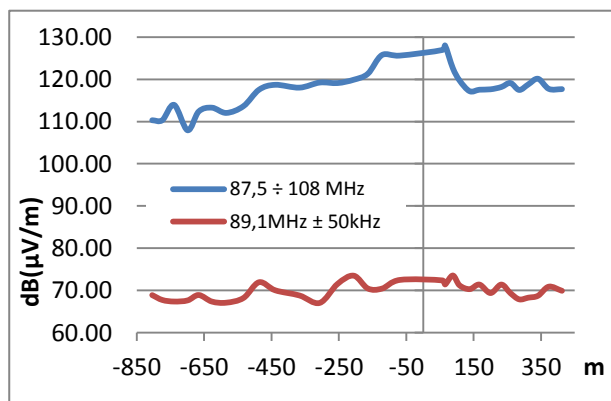
В таблица №4 са дадени пояснения за точките с кодови имена от MP1 до MP33, в които се наблюдават смущения, като на тези места е извършено измерване на терен на параметрите на полето, отразени в същата таблица. Дистанциите с отрицателно разстояние се намират в

северозападна посока от точката ТхР1, докато тези с положителен – в югоизточна посока.

Таблица №4

Кодово име	Разстояние до точката ТхР1, m	Интегрално ниво за диапазона 87,5 ÷ 108 MHz, dB(μV/m)	Ниво за канала на радиостанция RS4, dB(μV/m)
MP1	-1350	108.82	67.74
MP2	-804	110.31	68.89
MP3	-774	110.32	67.73
MP4	-739	113.95	67.37
MP5	-699	107.92	67.63
MP6	-666	112.38	68.91
MP7	-627	113.29	67.36
MP8	-584	112.04	67.09
MP9	-533	113.65	68.22
MP10	-487	117.53	71.93
MP11	-439	118.70	70.03
MP12	-367	118.03	68.80
MP13	-307	119.23	67.04
MP14	-254	119.11	71.54
MP15	-206	119.90	73.49
MP16	-164	121.33	70.45
MP17	-122	125.76	70.43
MP18	-69	125.62	72.49
MP19	57	126.95	72.37
MP20	65	128.01	71.40
MP21	88	122.68	73.53
MP22	108	119.73	71.20
MP23	138	117.19	70.30
MP24	167	117.53	71.38
MP25	200	117.63	69.37
MP26	232	118.18	71.39
MP27	259	119.13	69.36
MP28	285	117.48	67.88
MP29	312	118.79	68.28
MP30	341	120.13	68.74
MP31	373	117.73	70.89
MP32	412	117.67	69.90
MP33	561	110.54	70.12

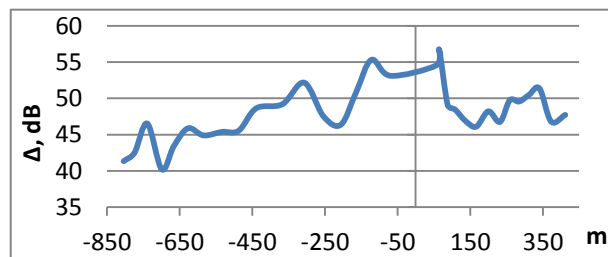
На фиг. 4 са показани графично измерените стойности на интензитета на електрическото поле за радиостанцията RS4, както и интегралното ниво за целия честотен обхват 87,5 ÷ 108 MHz.



Фиг. 4. Измерени стойности за интензитета на електрическото поле в близост до точка ТхР1

Забелязва се, че като цяло нивата от северозападната страна са по-ниски, което може да се обясни с естествената промяна на денивелацията на терена в тази посока. Като цяло интензитета на електрическото поле в близост до точката ТхР1 е значителен, което, поради факта че честотите на всички източници попадат в активната честотна лента на приемниците, води до значително енергетично претоварване на антенните им входове и оттам до възникване на итермодулационни процеси.

На фиг. 5 е отразено графично разликата в интензитетите на електрическото поле за радиостанцията RS4 спрямо интегралното ниво за целия честотен обхват 87,5 ÷ 108 MHz.



Фиг. 5. Разлика в интегралното и нивото в канала на RS4

Съгласно анекс 1 на [4] наблюдаваните смущения се дефинират като постоянни и за превенция от тяхното влияние се изисква защитно отношение в границите -20 ÷ +53 dB при разлика в честотата на смущението спрямо работната съответно в интервала 400 ÷ 0 kHz. В границите на това честотно отстояние се намира една радиостанция, тази с кодово име RS5, чийто предавател е с мощност 500 W и се намира именно в точката ТхР1. Максималният отчетен интензитет на полето в рамките на точките на измерване за канала на тази радиостанция е 119,2 dB(μV/m), което обуславя защитно отношение от порядъка на -48 dB. По този начин се забелязва нарушение на изискваното защитно отношение.

За разлика в честотите по-голяма от 400 kHz изискваното защитно ниво може да задминава границата от -20 dB, като тя може да достига и до -40 dB. От графиката на фиг. 5 се вижда че това отношение в точките на измерване в близост до ТхР1

надвишава и това условие и представлява потенциална възможност за индуциране на смущения. Определените в точките на измерване защитни отношения за интензитетите на електрическото поле за работния сигнал на радиостанцията RS4 спрямо интегралното ниво за целия честотен обхват $87,5 \div 108$ MHz се движи в интервала $40,2 \div 56,6$ dB, като средно то е около 48,5 dB.

Посочените защитни отношения са значително нарушени и от конкретната конфигурация на урбанистичната среда. Всички посочени точки на измерване се явяват засенчени от горски площи в посока югозапад, която посока се явява и направлението на сигнала на радиостанцията RS4, излъчен от точката ТхРЗ. За затихване на ЕМВ в растителност може да се използва зависимостта [6]:

$$A_{et} = d\gamma \quad (2)$$

където d е дължината на разпространение на ЕМВ при наличие на растителност, а γ е специфичното затихване на единица дължина. За честота около 100 MHz специфичното затихване е $\gamma = 0,02$ dB/m [6] и при отчетени дължини на разпространение на ЕМВ над горски зони за точките от МР2 до МР33 от порядъка на $400 \div 1350$ m се стига до внасянето на допълнителни загуби в рамките на $8 \div 27$ dB. От друга страна пътищата на сигналите на радиостанциите, излъчвани от точката ТхР1 до точките на измерване, се явяват по направление на голям булевард. Налице е пряка видимост, която обуславя липсата на затихване на ЕМВ на тези сигнали.

Нарушаването на защитните отношения в конкретния случай води до компрометиране качеството на услугата за радиостанцията RS4. Въпреки че посочените точки на измерване не се падат в застроена зона и съответно броят на слушателите е малък, то отпадането на възможността за приемане на желаната радиостанция се явява нежелана. Това е така поради факта, че в посочената зона преминава интензивен автомобилен трафик, при който често се получават сериозни забавяния. От гледна точка на

потребителите, намиращи се в тези автомобилни задръствания, отпадането на услугата може да трае от порядъка на 30-ина секунди до десетки минути.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направения аналитичен обзор и след обобщаване на резултатите от измерванията на терен могат да се направят множество изводи. По-важните от тях са:

- При планиране на съвместната работа на голямо количество радиостанции трябва да се извършва задълбочен анализ на конфигурацията на отделните предаватели;
- Необходимо е да се отчитат и спецификите на заобикалящата среда в дадена критична зона, за която трябва да се осигури покритие. Такива са залесяването, застрояването, промени в денивелацията и т.н.;
- По възможност е за предпочитане избягване концентрирането на големи мощности, респективно много радиопредавателни станции, на едно място, поради създаването на предпоставки за енергетично претоварване на приемниците и възникване на интермодулационни смущения.

REFERENCE

- [1] "March 2009: RDS is now 25 – the complete history", Geneva, Switzerland: The RDS Forum. 2009-03-27. p. 1. Retrieved 2011-06-15;
- [2] European Standard EN50067 - Specification of the radio data system (RDS) for VHF/FM sound broadcasting in the frequency range from 87,5 to 108,0 MHz, April 1998;
- [3] <http://www.predavatel.com/bg/>;
- [4] Recommendation ITU-R BS.412-9, Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF, (12/1998);
- [5] Христов, Х., Е. Алтимирски, Радиотехническа електродинамика и разпространение на електромагнитните вълни, Издателство „Техника“, София, 1990;
- [6] Seybold J.S., Introduction in RF Propagation, John Wiley & Sons Inc., 2005.

¹ Климент Н. Ангелов, д-р инж., гл. ас., катедра РКВ, при ФТК, ТУ-София, kna@tu-sofia.bg.